

**ELIANE MÜLLER SERAPHIM DUMKE**

**CLIMA URBANO/CONFORTO TÉRMICO E CONDIÇÕES DE VIDA NA  
CIDADE – UMA PERSPECTIVA A PARTIR DO AGLOMERADO URBANO  
DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA (AU-RMC)**

**Tese apresentada como requisito parcial  
à obtenção do grau de Doutor, pelo  
Programa de Doutorado em Meio Ambiente  
e Desenvolvimento, Universidade Federal  
do Paraná.**

**Orientador:**

**Prof. Dr. Francisco de Assis Mendonça**

**Co-orientadora:**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristina de Araújo Lima**

**CURITIBA**

**2007**

**Àquele que excede todo o entendimento...**

## AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas e instituições contribuíram para a realização deste trabalho e a todas elas desejo expressar o meu profundo agradecimento.

Agradeço, em especial: aos meus pais, Paulo e Ingrid Seraphim, pelo incentivo, suporte e apoio incondicional, sem os quais seria absolutamente impossível a elaboração desta tese; ao meu marido Paulo e aos nossos filhos Roberto e Heloisa, pelo carinho e pela compreensão nas longas horas de ausência; e à mana Betty Prosser pelo apoio, incentivo e revisão de grande parte dos originais.

Ao Prof. Dr. Francisco Mendonça que me honrou por ter sido meu orientador e com quem tive uma grande afinidade quanto aos temas de estudo, pela orientação generosa e competente e por ter sido tão "gente" e capaz de entender os meus momentos e questões, tornando possível a conclusão do doutorado.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristina de Araújo Lima pela co-orientação desta tese.

Ao Prof. Dr. Paulo Lana e aos professores da Linha de Pesquisa Urbanização, Cidade e Ambiente Urbano, pela compreensão nas horas difíceis.

Aos integrantes das bancas de qualificação e de defesa e aos professores Dr<sup>a</sup>. Marília Carvalho, Dr. João Lima Sant'Anna, Dr<sup>a</sup>. Inês Moresco Danni-Oliveira e Dr. Eduardo Krüger, pelas análises, críticas e sugestões valiosas; em especial aos dois últimos, por terem também me oportunizado longos períodos de aprendizagem.

Ao CNPQ e ao MA&D, pela concessão da bolsa de estudos.

A Marciel Lohmann, pela elaboração dos cartogramas.

Ao Laboratório de Climatologia do Departamento de Geografia da UFPR e aos seus integrantes, pelo empréstimo dos equipamentos e pelos auxílios prestados.

Aos muitos colaboradores que se disponibilizaram a coletar os dados nos horários e temperaturas mais inconvenientes; a Atailde Turra, Luciane Katzinsky e Marlon Passos, por viabilizarem as medições junto às comunidades do Cajuru, Araucária e Almirante Tamandaré-Dorcas.

Às instituições que cederam seus dados: COMEC, IPARDES, IPPUC, SUDERHSA, PUCPR, UNICENP, REPAR, LACTEC, INPE, INMET, SIMEPAR, CINDACTA e ao Prof. Dr. e Capitão Cícero Barbosa pelos dados meteorológicos.

Aos amigos, em especial a Albert Friesen pela paciência, pelo apoio emocional e espiritual e pelas discussões acadêmicas.

## RESUMO

Curitiba se distingue no cenário brasileiro por seu contexto histórico, pelo planejamento urbano e pelas especificidades climáticas: o desconforto por frio durante a maior parte do ano e com mais intensidade nos meses de inverno. Porém, o acelerado desenvolvimento da cidade se insere no processo de *urbanização corporativa* (Santos, 1993), do capitalismo exacerbado, do domínio da tecnologia e da informação, e da crescente dissociação do meio ambiente. Fruto das contradições próprias da sociedade globalizada, a intensificação das relações socioespaciais urbanas resulta em um espaço estratificado. Assim, a presente investigação tem por objetivo avaliar o clima e o conforto térmico nas paisagens intra-urbanas e suas relações com as desigualdades socioespaciais geradas pelo desenvolvimento do Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba (AU-RMC) como fator intensificador da vulnerabilidade social da população em função das condições de vida. O trabalho se particulariza por relacionar o estudo do clima urbano e do conforto térmico às condições sociais da população, pela interdisciplinaridade e pela utilização do Sistema Ambiental Urbano (SAU), de Mendonça (2004b), como fundamento teórico-metodológico. A pesquisa foi elaborada, ainda, com base na metodologia para o estudo do clima urbano de cidades de porte médio e pequeno de Mendonça (1995), que propõe análises no âmbito das relações sociedade/natureza, espaço/tempo (clima) e na perspectiva da interação global/local. A partir da cartografia dos elementos do sítio (hipsometria, declividades, orientação das vertentes do relevo e ventos superficiais), do fato urbano (uso do solo, distribuição socioespacial das habitações) e de sua correlação, elaborou-se a setorização espacial da cidade, que orientou a geração da rede de monitoramento em campo. Em paralelo, a Análise Temporal resultou na caracterização do clima local sob os aspectos dinâmicos da atmosfera e na contextualização do experimento. Os valores de temperatura do ar e de umidade relativa do ar, coletados *in situ* em 16 locais selecionados, em agosto de 2006, foram comparados aos dados obtidos por estações meteorológicas, espacializados, analisados por meio de gráficos comparativos e avaliados segundo os modelos de conforto térmico de Sorre (1984), Givoni (1992) e Aroztegui (1995). A Termografia de Superfície, obtida por imagem de satélite Landsat 5, possibilitou uma averiguação mais detalhada do clima intra-urbano e a comparação entre a temperatura da superfície e a temperatura do ar. Confrontando-se os graus de desconforto térmico à classificação das condições e qualidade de vida dos locais amostrados, verificou-se a coincidência, em geral, de um duplo desconforto – por frio, e por maiores amplitudes térmicas – nos espaços em que as parcelas menos favorecidas da sociedade se estabelecem, devido ao padrão de estratificação social observado em Curitiba, agravando ainda mais os baixos índices de qualidade de vida e a vulnerabilidade socioambiental. Os resultados encontrados devem subsidiar o planejamento urbano e os órgãos públicos no atendimento da população em relação à saúde pública.

Palavras chave: Clima urbano; Conforto térmico; Condições de vida; Qualidade de vida; Desenvolvimento urbano de Curitiba.



## ABSTRACT

Curitiba distinguishes itself in the Brazilian scenery by its historical context, its urban planning and its climatic specificities, namely the discomfort caused by low temperatures during most of the year and with more intensity in the winter. However, its accelerated urban development inserts itself in the processes of corporative urbanization (Santos, 1993), of exacerbated capitalism, of technology and information domains and of the growing dissociation of the environment. Consequence of the typical contradictions of the globalized society, the intensification of the sociospatial urban relations results in a stratified landscape. So, this investigation has as aim to evaluate climate and thermal comfort in the intra-urban spaces and their relations with the sociospatial differences generated by the development of the Urban Agglomerate of the Metropolitan Area of Curitiba (AU-RMC) as an intensifying factor of the population's social vulnerability regarding life conditions. This work is particular because it relates the study of urban climate and of thermal comfort to the population's social conditions, because of its interdisciplinary approach and because of the use of the Urban Environmental System (SAU) (Mendonça, 2004b) as a theoretical-methodological founding. This research was elaborated, also, based on the methodology of urban climate at medium and small cities study (Mendonça, 1995), which proposes an analysis in the ambit of the relations between society/nature, space/climate and in the perspective of the interaction of global/local spheres. Taking as starting points the cartography of the landscape (hypsometry, declivities, slopes and relief orientations and superficial winds), the urban fact (use of the soil, sociospatial houses distribution) and their correlation, a space sectorization of the city was elaborated. It guided the generation of the monitoring net in the field. In parallel, the Temporary Analysis resulted in the characterization of the local climate under the dynamic aspects of the atmosphere and in the contextualization of the experiment. The air temperature and the air's relative humidity values, collected in situ at 16 selected places in August 2006 were compared to the data obtained by meteorological stations. They were then spacialized and analyzed through comparative graphs and evaluated according to the models of thermal comfort by Sorre (1984), Givoni (1992) and Aroztegui (1995). The Surface Thermography, obtained by Landsat 5 satellite image, made a more detailed verification of Curitiba's intra-urban climate possible, as well as the comparison between surface and air temperatures. Confronting the degrees of thermal discomfort to the classification of life conditions and life quality at the sampled places, a coincidence of a double discomfort was verified: by cold and by larger thermal widths, specially where less economically favored parts of the society settle down, due to the pattern of social bedding observed in Curitiba. This worsens even more the low indexes of life quality and socioenvironmental vulnerability. The results of this investigation should subsidize urban planning and public organs in the attendance to the population in public health.

Key words: Urban climate; Thermal comfort; Life conditions; Life quality; Curitiba's urban development.

## RÉSUMÉ

Curitiba se distingue dans le contexte brésilien par ses aspects historiques, son organisation urbaine et ses spécificités climatiques: le déconfort causé par les basses températures pendant la plupart de l'année et, avec plus d'intensité, en hiver. Son développement urbain accéléré s'insère dans les processus « d'urbanisation corporativa » (Santos, 1993), de capitalisme exacerbé, du domaine de la technologie et de l'information et de la croissante dissociation de l'environnement. Conséquence des contradictions typiques de la société globalisée, l'intensification des relations socioespaciales urbaines résulte dans un paysage stratifié. Donc, cette recherche a comme but évaluer le climat et le confort thermique dans les espaces intra-urbains et leurs relations avec les différences socioespaciales produites par le développement de l'Agglomérat Urbain de la Région Métropolitaine de Curitiba (AU-RMC) comme un facteur intensifiant de la vulnérabilité sociale de la population concernant les conditions de vie. Ce travail est particulier parce qu'il rapporte l'étude du climat urbain et du confort thermique aux conditions sociales de la population, et aussi à cause de son approche interdisciplinaire et de son usage du Système de l'Environnement Urbain (SAU) (Mendonça, 2004b) comme fondamentale théorique et méthodologique. Cette recherche a été élaborée, aussi, basée sur la méthodologie de l'étude du climat urbain des moyennes et des petites villes (Mendonça, 1995), qui propose une analyse dans les relations société/nature, espace/climat et dans la perspective de l'interaction des sphères du global/local. En départant de la cartographie du paysage (hypsométrie, déclivités, orientations des inclinaisons du relief et vents superficiels), le fait urbain (utilisation du sol et la distribution socioespaciale) et leur corrélation, il a été élaboré une sectorisation de l'espace de la ville. Elle a guidé la génération du réseau de suivi des prélèvements de terrain. En parallèle, l'Analyse Temporelle a permis la caractérisation du climat local sous les aspects dynamiques de l'atmosphère et dans la contextualisation de l'expérience. Les valeurs de la température de l'air et de l'humidité relative de l'air, rassemblés dans des 16 places sélectionnées, en août 2006, ont été comparées aux informations obtenues par les postes météorologiques. Elles étaient espacialisées et analysées à travers des graphiques comparatifs et étaient évaluées d'après les modèles de confort thermique de Sorre (1984), Givoni (1992) et Aroztegui (1995). La Thermographie de Surface, obtenu par l'image du satellite Landsat 5, a fait possible une vérification plus détaillée du climat intra-urbain de Curitiba, aussi bien que la comparaison entre la surface et les températures de l'air. En affrontant les degrés de déconfort thermique à la classification des conditions et de la qualité de vie aux places examinées, on a vérifié une coïncidence d'un double déconfort: par le froid et par les plus grandes ampleurs thermiques, spécialement où les parties économiquement moins favorisés de la société s'installent, dû au modèle de stratification sociale observée à Curitiba. Cela rend plus grave les conditions et la qualité de vie de la population pauvre et accentué la vulnérabilité socioambientale. Les résultats de cette recherche devront subventionner l'organisation urbaine et les organes gouvernementaux dans l'assistance à la population dans le domaine de la santé publique.

Mots clef: Climat urbain; Confort thermique; Conditions de vie; Qualité de vie; Le développement urbain de Curitiba.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>RESUMÉE</b> .....	vi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xiv
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	xvi
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	xix
<b>LISTA DE EQUAÇÕES</b> .....	xx
 <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	 1
1.1 O DIÁLOGO DE SABERES.....	4
1.1.1 A Experiência da Construção Interdisciplinar.....	6
1.2 A URBANIZAÇÃO, O MEIO AMBIENTE E O CONFORTO TÉRMICO.....	11
1.3 O ESTUDO DO CLIMA URBANO NO AU-RMC.....	22
1.4 ROTEIRO METODOLÓGICO.....	29
 <b>2 O MEIO AMBIENTE E A URBANIZAÇÃO</b> .....	 40
2.1 O MEIO AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO.....	40
2.1.1 A Cidade: Evolução e Rupturas.....	43
2.2 URBANIZAÇÃO E SOCIEDADE.....	63
2.2.1 O Processo de Urbanização no Brasil.....	65
2.2.2 Estratificação Social e Segregação Urbana.....	71
2.2.3 Condições e Qualidade de Vida – Vulnerabilidade Social.....	83
2.3 AU-RMC: O CONTEXTO HISTÓRICO-GEOGRÁFICO.....	92
2.3.1 Aspectos do Planejamento Urbano de Curitiba.....	92
2.3.2 A Evolução Espacial da Mancha Urbana.....	101
2.3.3 A Estrutura e a Configuração Urbanas.....	107
2.4 URBANIZAÇÃO, CLIMA E CONFORTO TÉRMICO.....	110
2.4.1 A Formação do Clima Urbano.....	111
2.4.2 O Clima Urbano e suas Escalas de Abordagem.....	112
2.4.3 Estudos de Clima Urbano/Conforto Térmico no Brasil.....	125
2.4.4 Conforto Térmico: Conceito, Critérios e Métodos de Avaliação... ..	130
2.4.5 O Desenho Urbano sob o Aspecto Bioclimático.....	150
 <b>3 ESPAÇO E TEMPO NO AU-RMC: ASPECTOS DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO EM SITUAÇÃO DE INVERNO</b> .....	 159
3.1 SUBSISTEMA NATUREZA – O Sítio Urbano.....	161
3.1.1 Hipsometria e Geomorfologia.....	162
3.1.2 Declividades e Vertentes do Relevo.....	165
3.1.3 Orientação das Vertentes do Relevo.....	168
3.1.4 Direção e Velocidade dos Ventos de Superfície.....	170
3.2 SUBSISTEMA SOCIEDADE – O Fato Urbano.....	173
3.2.1 O Uso do Solo.....	173
3.2.2 A Distribuição Socioespacial das Habitações.....	176

3.3	SÍNTESE ESPACIAL.....	180
3.3.1	Setorização do Ambiente Urbano.....	180
3.3.2	Definição dos Pontos de Monitoramento.....	187
3.3.3	Os Locais de Medição: Características Intra-Urbanas.....	194
3.4	A DINÂMICA ATMOSFÉRICA E A CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA... 215	215
3.4.1	A Inserção do Clima Local no Âmbito Regional.....	215
3.4.2	Os Fatores Determinantes do Clima Local .....	221
3.4.3	O Inverno Local: Características e Situações Atmosféricas Típicas.....	226
4	O CLIMA URBANO E INTRA-URBANO DO AU-RMC.....	228
4.1	A PRODUÇÃO DO CLIMA URBANO.....	228
4.1.1	Estudo Preliminar quanto à Ilha de Calor Curitibana.....	229
4.1.2	Averiguação dos Atributos da Ilha de Calor .....	230
4.2	AU-RMC: O CLIMA NO ÂMBITO DO <i>URBAN CANOPY LAYER</i> .....	238
4.2.1	A Mensuração e a Representação Gráfica dos Dados.....	238
4.2.2	A Termografia Infravermelha de Superfície.....	241
4.2.3	O Clima e o Tempo no Ano de 2006.....	247
4.2.4	As Condições Atmosféricas no AU-RMC nos Dias Monitorados.....	259
5	CLIMA URBANO/CONFORTO TÉRMICO E CONDIÇÕES DE VIDA NO AU-RMC.....	313
5.1	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS INTRA-URBANAS DO AU-RMC: APANHADO GERAL DA SITUAÇÃO DE INVERNO DE 2006.....	313
5.2	AS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO DO AU-RMC.....	322
5.2.1	Condições de Conforto Térmico frente às Tendências do Clima.....	322
5.2.2	O Conforto Térmico nos Ambientes Intra-Urbanos.....	326
5.3	AU-RMC: CONFORTO TÉRMICO, CONDIÇÕES E QUALIDADE DE VIDA.....	347
	CONCLUSÕES.....	360
	REFERÊNCIAS.....	379
	APÊNDICES	
A	Caracterização dos setores.....	398
B	Caracterização do entorno das estações meteorológicas.....	400
C	Levantamento de campo: equipamentos e procedimentos.....	403
D	Aferição dos equipamentos.....	405
E	Dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar.....	407
F	Procedimentos para obtenção das cartas de isolinhas.....	409
G	Cálculo das temperaturas de superfície.....	411
H	O impacto do clima em 2006 – síntese visual das reportagens.....	414

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1.1 – Construção do trabalho interdisciplinar durante a Oficina de Pré-Qualificação.....	10
Figura 1.2 – SCU – Sistema Clima Urbano.....	25
Figura 1.3 – SAU – Sistema Ambiental Urbano.....	26
Figura 1.4 – O Conforto Térmico inserindo no SAU.....	27
Figura 1.5 – Roteiro Metodológico.....	30
Figura 1.6 – Aglomerado Urbano da RMC: área considerada na pesquisa.....	34

### CAPÍTULO 2

Figura 2.1 – Localização de Curitiba e da Região Metropolitana.....	93
Figura 2.2 – Plano Agache.....	94
Figura 2.3 – Plano Serete.....	94
Figura 2.4 – Evolução do Sistema Viário de Curitiba.....	95
Figura 2.5 – Setor Estrutural: Sistema Trinário e densidade habitacional.....	96
Figura 2.6 – Evolução do Zoneamento do Uso do Solo de Curitiba.....	98
Figura 2.7 – Zoneamento de Uso do Solo no Plano Diretor da RMC.....	101
Figura 2.8 – Localização industrial no AU-RMC.....	103
Figura 2.9 – Crescimento populacional da RMC entre 1955 e 2005.....	104
Figura 2.10 – Localização das principais áreas de ocupação irregular na RMC <i>versus</i> Eixos de Transporte.....	106
Figura 2.11 – A estrutura urbana e a topografia edificada de Curitiba.....	108
Figura 2.12 – Representação esquemática da Classificação das Alterações Atmosféricas Urbanas.....	122
Figura 2.13 – Representação esquemática da Ilha de Calor Urbana.....	123
Figura 2.14 – Linhas de Temperatura Efetiva sobre Diagrama Bioclimático, segundo Houghton e Yaglou.....	136
Figura 2.15 – Utilização do Nomograma da Temperatura Efetiva Corrigida.....	137
Figura 2.16 – Relação entre Voto Médio Estimado e Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas.....	140
Figura 2.17 – Padrão de Conforto Adaptativo (ACS) proposto para a ASHRAE.....	147
Figura 2.18 – Diagrama Bioclimático de Victor Olgyay (1963).....	151
Figura 2.19 – Conjuntos urbanos em regiões de climas distintos.....	153
Figura 2.20 – Vizinhança Solar no Deserto Neve-Zin, no Zin Valley, em Israel.....	155
Figura 2.21 – Aproveitamento do vento em climas amenos.....	157
Figura 2.22 – Construções protegidas dos ventos frios.....	157
Figura 2.23 – Cidade Solar Pilching, em Linz, Áustria, de Foster e Partners.....	158

### CAPÍTULO 3

Figura 3.1 – Estado do Paraná: Hipsometria.....	163
Figura 3.2 – AU-RMC: Hipsometria.....	164
Figura 3.3 – AU-RMC: Declividades das Vertentes do Relevo – Carta Clinográfica.....	167
Figura 3.4 – AU-RMC: Orientação das Vertentes do Relevo.....	169
Figura 3.5 – AU-RMC: Direção e Velocidade dos Ventos de Superfície.....	172
Figura 3.6 – AU-RMC: Uso do Solo.....	175
Figura 3.7 – AU-RMC: Taxa da Pobreza .....	177

Figura 3.8 – AU-RMC: Adequação Geral das Habitações.....	179
Figura 3.9 – AU-RMC: Setorização.....	183
Figura 3.10 – AU-RMC: Pontos de Monitoramento.....	191
Figura 3.11 – AU-RMC: Setores 1, 2 e 3; localização dos ambientes selecionados 4 e 11, 13, 10.....	194
Figura 3.12 – AU-RMC: Setor 1, Ambiente 4, Centro Histórico: aspectos da paisagem do entorno.....	195
Figura 3.13 – AU-RMC: Setor 1, Ambiente 11, Batel: aspectos da paisagem do entorno.....	196
Figura 3.14 – AU-RMC: Setor 2, Ambiente 13, Ahu: aspectos da paisagem do entorno.....	197
Figura 3.15 – AU-RMC: Setor 3, Ambiente 10, Santa Felicidade: aspectos da paisagem do entorno.....	198
Figura 3.16 – AU-RMC: Setores 4, 5 e 6; localização dos ambientes selecionados 12, 6 e 7, 16.....	199
Figura 3.17 – AU-RMC: Setor 4, Ambiente 12, Novo Mundo: aspectos da paisagem do entorno.....	200
Figura 3.18 – AU-RMC: Setor 5, Ambiente 6, Xaxim: aspectos da paisagem do entorno.....	201
Figura 3.19 – AU-RMC: Setor 5, Ambiente 7, Araucária: aspectos da paisagem do entorno.....	202
Figura 3.20 – AU-RMC: Setor 6, Ambiente 16, Campo Comprido: aspectos da paisagem do entorno.....	203
Figura 3.21 – AU-RMC: Setores 13 e 15; localização dos ambientes selecionados 8 e 5.....	204
Figura 3.22 – AU-RMC: Setor 13, Ambiente 8, Colombo: aspectos da paisagem do entorno.....	205
Figura 3.23 – AU-RMC: Setor 15, Ambiente 5, São José dos Pinhais: aspectos da paisagem do entorno.....	206
Figura 3.24 – AU-RMC: Setor 21; localização dos ambientes selecionados 1, 2, 3, 9.....	207
Figura 3.25 – AU-RMC: Setor 21, Ambiente 1, Fazenda Rio Grande: aspectos da paisagem do entorno.....	208
Figura 3.26 – AU-RMC: Setor 21, Ambiente 2, Fazenda Rio Grande: aspectos da paisagem do entorno.....	209
Figura 3.27 – AU-RMC: Setor 21, Ambiente 3, Fazenda Rio Grande: aspectos da paisagem do entorno.....	210
Figura 3.28 – AU-RMC: Setor 21, Ambiente 9, Cajuru: aspectos da paisagem do entorno.....	211
Figura 3.29 – AU-RMC: Setor 23; localização dos ambientes selecionados 14 e 15.....	212
Figura 3.30 – AU-RMC: Setor 23, Ambiente 14, Almirante Tamandaré: aspectos da paisagem do entorno.....	213
Figura 3.31 – AU-RMC: Setor 23, Ambiente 15, Almirante Tamandaré-Dorcas: aspectos da paisagem do entorno.....	214
Figura 3.32 – Principais Massas de Ar que atuam na América do Sul.....	217
Figura 3.33 – Carta Solar para Curitiba - ano 2006.....	221
Figura 3.34 – Curitiba: comparação entre as Médias das Temperaturas Máximas e Mínimas dos anos de 1969 e 1999.....	224

Figura 3.35 – Estado do Paraná: Temperatura Média Anual e Sazonal – 1999.....	225
Figura 3.36 – Estado do Paraná: Temperatura Máxima Média de Inverno, Temperatura Média de Inverno e Temperatura Mínima Média de Inverno (Média Histórica Anual 1973-2002).....	226
<b>CAPÍTULO 4</b>	
Figura 4.1 – Diferenças entre temperaturas urbano-rural e velocidade do vento na estação de Pinhais (rural).....	231
Figura 4.2 – Diferenças entre temperaturas urbano-rural e média diária da radiação solar global na estação de Pinhais (rural).....	231
Figura 4.3 – Diferenças entre temperaturas urbano-rural e precipitação média diária - Pinhais (rural).....	232
Figura 4.4 – Diferenças entre as temperaturas do ar mínimas e máximas urbano-rural.....	233
Figura 4.5 – Diferenças entre temperaturas mínimas e temperatura média diária Pinhais (rural).....	233
Figura 4.6 – Amplitudes diárias para Curitiba-UFPR (estação urbana) - Pinhais (estação rural).....	234
Figura 4.7 – Curvas espectrais de diferentes superfícies.....	242
Figura 4.8 – Satélite Landsat-5.....	243
Figura 4.9 – Landsat-5, sensor TM ( <i>Thematic Mapper</i> ).....	243
Figura 4.10 – Curitiba: Chuva Acumulada Mensal comparada à Normal Climatológica – ano 2006.....	248
Figura 4.11 – Curitiba: Temperaturas Máxima, Média e Mínima Diárias e Umidade Relativa do Ar – junho, julho e agosto.2006.....	250
Figura 4.12 – Brasil: Precipitação Total [mm] – agosto.2006.....	254
Figura 4.13 – Brasil: Temperatura Máxima do Ar à Superfície [°C] – agosto.2006...	254
Figura 4.14 – Brasil: Temperatura Mínima Média do Ar à Superfície [°C] – agosto.2006.....	254
Figura 4.15 – Acompanhamento das frentes pelo litoral – agosto.2006.....	255
Figura 4.16 – AU-RMC: Análise Rítmica e tipos de tempo – agosto.2006.....	258
Figura 4.17 – Imagens sinóticas – 18.agosto.2006.....	260
Figura 4.18 – Imagens sinóticas – 20.agosto.2006.....	260
Figura 4.19 – Imagens sinóticas – 21.agosto.2006.....	261
Figura 4.20 – Imagens sinóticas – 28 e 29.agosto.2006.....	261
Figura 4.21 – AU-RMC: Análise Rítmica Horária e tipos de tempo – 12.agosto.2006.....	264
Figura 4.22 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] nos pontos monitorados – 12.agosto.2006.....	266
Figura 4.23 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto N-S – 12.agosto.2006.....	269
Figura 4.24 – AU-RMC: Umidade Relativa do Ar [%] no transecto N-S – 12.agosto.2006.....	269
Figura 4.25 – AU-RMC: Isolinhas – 12.agosto.2006.....	271
Figura 4.26 – AU-RMC: Análise Rítmica Horária e tipos de tempo – 18.agosto.2006.....	275
Figura 4.27 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] nos pontos monitorados – 18.agosto.2006.....	276
Figura 4.28 – AU-RMC: Isolinhas – 18.agosto.2006.....	277

Figura 4.29 – AU-RMC: Termografia Infravermelha de Superfície – 20.agosto.2006.....	283
Figura 4.30 – AU-RMC: Composição colorida – 20.agosto.2006.....	285
Figura 4.31 – AU-RMC: Análise Rítmica Horária e tipos de tempo – 21.agosto.2006.....	291
Figura 4.32 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] nos pontos monitorados – 21.agosto.2006.....	292
Figura 4.33 – AU-RMC: Transectos considerados nos gráficos temporo- espaciais.....	293
Figura 4.34 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto N-S – 21.agosto.2006.....	294
Figura 4.35 – AU-RMC: Umidade Relativa do Ar [%] no transecto N-S – 21.agosto.2006.....	294
Figura 4.36 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto SE-NW – 21.agosto.2006.....	296
Figura 4.37 – AU-RMC: Umidade Relativa do Ar [%] no transecto SE-NW – 21.agosto.2006.....	296
Figura 4.38 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto NE-SW – 21.agosto.2006.....	297
Figura 4.39 – AU-RMC: Umidade Relativa do Ar [%] no transecto NE-SW – 21.agosto.2006.....	297
Figura 4.40 – AU-RMC: Isolinhas – 21.agosto.2006.....	299
Figura 4.41 – AU-RMC: Análise Rítmica Horária e tipos de tempo – 29.agosto.2006.....	303
Figura 4.42 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] nos pontos monitorados – 29.agosto.2006.....	304
Figura 4.43 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto N-S – 29.agosto.2006.....	305
Figura 4.44 – AU-RMC: Umidade Relativa do Ar [°C] no transecto N-S – 29.agosto.2006.....	305
Figura 4.45 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto SE-NW – 29.agosto.2006.....	306
Figura 4.46 – AU-RMC: Umidade Relativa do Ar [°C] no transecto SE-NW – 29.agosto.2006.....	307
Figura 4.47 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto NE-SW – 29.agosto.2006.....	308
Figura 4.48 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto NE-SW – 29.agosto.2006.....	308
Figura 4.49 – AU-RMC: Isolinhas – 29.agosto.2006.....	311

## CAPÍTULO 5

Figura 5.1 – Comparação das temperaturas medidas <i>versus</i> o modelo de evolução senoidal.....	314
Figura 5.2 – Pontos monitorados em uma área periférica e em duas centrais, com edifícios no entorno de até três e com mais de dez pavimentos.....	316
Figura 5.3 – Variação térmica nos pontos de monitoramento conforme as condições/qualidade de vida.....	318
Figura 5.4 – Pontos monitorados em áreas de extremas condições/qualidade de vida (mais e menos favoráveis).....	319



Figura 5.5 – Pontos monitorados nas duas áreas de condições/qualidade de vida mais favoráveis e em uma área em condições opostas.....	319
Figura 5.6 – Pontos monitorados nas duas áreas de condições/qualidade de vida menos favoráveis e em duas áreas centrais e favoráveis.....	320
Figura 5.7 – Pontos monitorados em áreas de condições/qualidade de vida intermediárias e em áreas de condições extremas.....	321
Figura 5.8 – Curitiba: evolução das Temperaturas Médias entre 1895 e 1999 e tendência.....	324
Figura 5.9 – Avaliação Bioclimática para Curitiba mediante dados horários do Ano Climático de Referência (TRY) e dados levantados em campo em 21.agosto.2006, no Diagrama Bioclimático de Givoni (1992).....	330
Figura 5.10 – AU-RMC: condições de Conforto Térmico relacionadas ao Uso do Solo do AU-RMC.....	337
Figura 5.11 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] nos locais avaliados – 21.agosto.2006 às 6 horas.....	344
Figura 5.12 – AU-RMC: Amplitude Térmica [K] nos locais avaliados às 6 horas – 21.agosto.2006.....	344
Figura 5.13 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] às 6 horas e Amplitude Térmica [°C] nos locais avaliados – 21.agosto.2006.....	345
Figura 5.14 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] nos pontos monitorados – 21.agosto.2006.....	346
Figura 5.15 – AU-RMC: condições de conforto térmico relacionadas às condições e qualidade de vida.....	355

## APÊNDICE B

Figura B.1 – Imagens da ocupação dos sítios das estações meteorológicas.....	400
Figura B.2 – Vista panorâmica (360°) do centro da estação meteorológica na UFPR, a 1.40 m de altura.....	401
Figura B.3 – Vista do abrigo meteorológico e de escritórios na UFPR.....	401
Figura B.4 – Vista panorâmica (360°) a partir da estação meteorológica de Pinhais, a 1.4 m de altura.....	401
Figura B.5 – Abrigo meteorológico e estação meteorológica de Pinhais.....	401

## APÊNDICE C

Figura C.1 – Equipamento utilizado em levantamento de campo.....	403
--	-----

## APÊNDICE H

Figura H.1 – Primeiro semestre: o calor e a seca, agricultores se desesperam.....	414
Figura H.2 – Junho e Julho: estado de emergência em 42 municípios do Paraná.....	414
Figura H.3 – Agosto: racionamento de água para 1 milhão e 800 mil pessoas; primeiro calor e seca; depois, frentes frias e geadas.....	415
Figura H.4 – Setembro: alternam-se o bom e o mau tempo, o calor e o frio; dia 6 – o mais frio do ano.....	416
Figura H.5 – Outubro: abastecimento de água inicia recuperação; temporais no AU-RMC e no Estado.....	417
Figura H.6 – Novembro: retorna risco de racionamento; temporais causam estragos.....	417
Figura H.7 – Dezembro: calor, temporais, chuvas acima da média; o fornecimento de água volta ao normal na RMC.....	417

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

Tabela 2.1 – Região Metropolitana de Curitiba – População Urbana – 1970 a 2000...	102
Tabela 2.2 – Evolução das ocupações irregulares no AU-RMC, entre 1992 e 1998...	105
Tabela 2.3 – Comparação de parâmetros climáticos entre áreas urbanas e rurais.....	112
Tabela 2.4 – Organização das escalas espacial e temporal do clima.....	113
Tabela 2.5 – Fatores geográficos produtores de climas locais.....	116
Tabela 2.6 – Propriedades radiantes de alguns materiais tipicamente urbanos.....	118
Tabela 2.7 – Propriedades radiantes de alguns materiais naturais.....	118
Tabela 2.8 – Comparação entre as temperaturas ótimas de conforto térmico segundo diversos autores.....	148
Tabela 2.9 – Comparação de algumas zonas de conforto de âmbito mundial.....	149

### CAPÍTULO 3

Tabela 3.1 – Classes dos elementos do sítio.....	182
Tabela 3.2 – Classes do Fato Urbano.....	182
Tabela 3.3 – Adequação das Habitações e Taxa de Pobreza: análise qualitativa...	187
Tabela 3.4 – Classificação das categorias de Condições e Qualidade de Vida.....	188
Tabela 3.5 – Seleção de pontos de levantamento de campo e respectivos setores.....	190
Tabela 3.6 – Síntese das características naturais nos pontos monitorados.....	192
Tabela 3.7 – Síntese das características do Fato Urbano nos pontos monitorados.....	193
Tabela 3.8 – Curitiba: Temperatura do Ar – Normais Climatológicas: 1961-2000...	223

### CAPÍTULO 4

Tabela 4.1 – Comparação da localização das estações meteorológicas urbana e rural.....	229
Tabela 4.2 – Média e desvio padrão das diferenças entre Temperaturas do Ar Mínimas e Máximas urbano-rural [°C].....	233
Tabela 4.3 – Médias das diferenças entre Temperaturas Mínimas e Máximas urbano-rural inverno/verão.....	234
Tabela 4.4 – Médias e desvio padrão das amplitudes entre Temperaturas do ar Mínimas e Máximas Diárias para estação urbana e rural [K].....	234
Tabela 4.5 – AU-RMC: Estações meteorológicas.....	239
Tabela 4.6 – Características dos sensores TM.....	244
Tabela 4.7 – Características e aplicações das bandas TM do satélite Landsat-5....	245
Tabela 4.8 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] e Umidade Relativa do Ar nos pontos monitorados – 12.agosto.2006.....	265
Tabela 4.9 – AU-RMC: síntese das características dos pontos monitorados – 12.agosto.2006.....	266
Tabela 4.10 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] e Umidade Relativa do Ar nas estações meteorológicas e nos locais monitorados – 18.agosto.2006.....	276
Tabela 4.11 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C], Umidade Relativa do Ar [%] e Temperatura de Superfície [°C] – 20.agosto.2006 às 10 horas.....	289
Tabela 4.12 – AU-RMC: variáveis climáticas – 20.agosto.2006 às 10 horas.....	289

## CAPÍTULO 5

Tabela 5.1 – AU-RMC: síntese das características nos pontos monitorados.....	315
Tabela 5.2 – AU-RMC: comparação entre os graus de conforto e desconforto dos anos de 1969 e 1999.....	323
Tabela 5.3 – AU-RMC: dados do levantamento de campo: Temperatura do Ar [°C] – 12, 18, 21 e 29.agosto.2006.....	328
Tabela 5.4 – AU-RMC: dados do levantamento de campo: Umidade Relativa do Ar [%] – 12, 18, 21 e 29.agosto.2006.....	328
Tabela 5.5 – AU-RMC: distribuição espaço-temporal da Temperatura Efetiva (ET) e da Amplitude Térmica (K).....	333
Tabela 5.6 – AU-RMC: grau de desconforto por frio nos locais monitorados – 21.agosto.2006 às 6 horas (considerando-se frio < 16°C).....	334
Tabela 5.7 – AU-RMC: grau de Amplitude Térmica nos locais monitorados e nas estações meteorológicas – 21.agosto.2006.....	334
Tabela 5.8 – AU-RMC: Temperatura Neutra Exterior (T <sub>ne</sub> ) – 21.agosto.2006.....	335
Tabela 5.9 – AU-RMC: Padrão de Conforto Adaptativo (ACS) – agosto.2006.....	335
Tabela 5.10 – AU-RMC: graus de desconforto por frio nos locais monitorados conforme Aroztegui (1995) e limites do Conforto Adaptativo (ACS) – 21.agosto.2006, às 6, 9, 15 e 21 horas.....	336
Tabela 5.11 – AU-RMC: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e componentes, por município – 2000.....	349
Tabela 5.12 – AU-RMC: condições e qualidade de vida segundo diversos indicadores.....	353
Tabela 5.13 – AU-RMC: classificação geral do conforto térmico nas paisagens intra-urbanas e sua relação com as condições e qualidade de vida.....	358

## APÊNDICE A

Tabela A.1 – AU-RMC: Caracterização dos 23 tipos de setores.....	398
--	-----

## APÊNDICE B

Tabela B.1 – Equipamentos adotados pelo SIMEPAR nas estações meteorológicas automáticas.....	402
--	-----

## APÊNDICE D

Tabela D.1 – Aferição dos termo-higrômetros.....	406
--	-----

## APÊNDICE E

Tabela E.1 – Temperatura do Ar [°C] – dados coletados pelas estações meteorológicas e em levantamento de campo.....	407
Tabela E.2 – Umidade Relativa do Ar [%] – dados coletados pelas estações meteorológicas e em levantamento de campo.....	408

## APÊNDICE G

Tabela G.1 – Valores de L <sub>mim</sub> , L <sub>max</sub> , Ganho [G] e <i>Offset</i> [B] a serem aplicados às imagens TM.....	412
Tabela G.2 – Constantes de calibração da banda termal - TM.....	413

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACS	– <i>Adaptative Comfort Standart</i> (Conforto Adaptativo)
ANTAC	– Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ANSI	– <i>American National Standards Institute</i>
ASHRAE	– <i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering</i>
ASHVE	– <i>American Society for Heating and Ventilation Engineers</i>
AU-RMC	– Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba
AVHRR	– Advanced Very High Resolution Radiometer
BIDR	– Jacob Blaustein Institute for Desert Research
BNH	– Banco Nacional da Habitação
CBD	– <i>Central Business District</i>
CE	– Calor Equivalente
CIC	– Cidade Industrial de Curitiba
CINDACTA II	– Segundo Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
COHAB-CT	– Companhia de Habitação Popular de Curitiba
COMEC	– Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba
CIAM	– <i>Congress of International Modern Architects</i>
CPTEC	– Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
ENCAC	– Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
ENTAC	– Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ET	– <i>Effetive Temperature</i> (Temperatura Efetiva)
ET*	– <i>New Effetive Temperature</i> (Nova Temperatura Efetiva)
ETM+	– <i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i> (sensor do satélite LANDSAT 7)
FPa	– Frente Polar Atlântica
FPp	– Frente Polar Pacífica
FJP	– Fundação João Pinheiro
GIS	– <i>Geographic Information System</i>
GMT	– <i>Greenwich Meter Time</i> (horário de Greenwich)
GPS	– <i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
IAP	– Instituto Ambiental do Paraná
IAPAR	– Instituto Agrônômico do Paraná
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	– Ilha de calor urbano
IF	– Ilha de frio/Ilha frescor urbano
ICV	– Índice de Condições de Vida
IDH	– Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	– Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IDW	– <i>Inverse Distance Weighting</i> (Ponderação do Inverso das Distâncias)
INMET	– Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	– Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPARDES	– Instituto Paranaense de Pesquisa e Desenvolvimento Econômico e Social
IPCC	– Intergovernmental Panel on Climate Change
IPEA	– Instituto de Pesquisa Aplicada
IPPUC	– Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba
IPPUR	– Instituto de Pesquisa e Planejamento Regional da Universidade Federal do Rio de Janeiro
ISO	– International Organization for Standardization
ITS	– Índice de Estresse Térmico ( <i>The Index of Thermal Stress</i> )
LANDSAT	– <i>Land Remote Sensing Satellite</i> (satélite de cobertura terrestre)
MA&D-UFPR	– Programa de Doutorado Interdisciplinar em Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Federal do Paraná
MANMO	– <i>Man Model</i>
MDL	– Mecanismos de Desenvolvimento Limpo
MEc	– Massa de ar Equatorial Continental
METAR	– <i>Message d’Observation Météorologique Régulière pour l’Aviation</i>
MINEROPAR	– Minerais do Paraná S/A
MPa	– Massa de ar Polar Atlântica
MPp	– Massa de ar Polar Pacífica
MSS	– <i>Multispectral Scanner</i> (sensor do satélite LANDSAT)
MTa	– Massa de ar Tropical Atlântica
MTc	– Massa de ar Tropical Continental
MTp	– Massa de ar Tropical Pacífica
NASA	– National Aeronautics and Space Administration
NC	– Níveis de Cinza
NOAA	– <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> (satélite meteorológico e oceanográfico)
NR	– Norma Regulamentadora
OMM	– Organização Meteorológica Mundial
OMS	– Organização Mundial de Saúde
ONU	– Organização das Nações Unidas
PDI	– Plano de Desenvolvimento Integrado
PDM	– Plano Diretor de Mineração
PET	– <i>Physiological Equivalent Temperature</i>
P4SR	– <i>Predictable Four Hour Sweat Rate</i> de McAriel (Taxa de Sudação Prevista em 4 Horas)
PMV	– <i>Predicted Mean Vote</i> (Voto Médio Estimado)
PNUD	– Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PPD	– <i>Predicted Percentage of Dissatisfied</i> (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas)
Pv	– Massa de ar Polar Velha.
RMC	– Região Metropolitana de Curitiba
RT	– <i>Resultant Temperature</i> (Temperatura Resultante)
SAU	– Sistema Ambiental Urbano
SBCT	– Aeroporto Afonso Pena
SBBI	– Aeroporto do Bacacheri
SCU	– Sistema Clima Urbano
SET*	– <i>New Standart Effetive Temperature</i> (Nova Temperatura Efetiva Padrão)
SIMEPAR	– Sistema Meteorológico do Paraná
SIG	– Sistema de Informação Geográfica
SUDERHSA	– Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
SVF	– <i>Sky View Factor</i> (Fator de Visão de Céu)
TE*	– Nova Temperatura Efetiva
TEC	– Índice de Temperatura Efetiva Corrigida
TEP	– Temperatura Efetiva Padrão
TIS	– Termografia Infravermelha de Superfície
TGS	– Teoria Geral dos Sistemas
T <sub>n</sub>	– Temperatura Neutra
T <sub>ne</sub>	– Temperatura Neutra Exterior
T <sub>comf</sub>	– Temperatura Ótima de Conforto
TM	– <i>Thematic Mapper</i> (Mapeador Temático)
TO	– Temperatura Operativa
TRY	– <i>Test Reference Year</i> (Ano Climático de Referência)
TSM	– Temperatura da Superfície do Mar
UBL	– <i>Urban Boundary Layer</i>
UCL	– <i>Urban Canopy Layer</i>
WBGT	– <i>Wet Bulb Globe Temperature</i> (Temperatura de Globo e de Bulbo Úmido)
WRS	– <i>Worldwide Reference System</i> (Sistema de Referência Mundial)
ZR	– Zona Residencial

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Conceito</b>	<b>Unidade</b>
$\alpha$	– Albedo da superfície ou coeficiente de reflexão	Adimensional
$\varepsilon$	– Emissividade	adimensional
$\lambda$	– Condutividade térmica	W/(m.K)
U	– Transmitância térmica ou Coeficiente global de transferência de calor	W/(m <sup>2</sup> .K)
c	– Calor específico	kJ/(kg.K)
C <sub>T</sub>	– Capacidade térmica	kJ/(m <sup>2</sup> .K)]
$\varphi$	– Atraso térmico	h
K	– Graus kelvin	K
L	– radiância espectral	W.m <sup>-2</sup> .sr <sup>-1</sup> .μm <sup>-1</sup>
$\theta$	– ângulo solar zenital	º
T	– Temperatura Celsius	°C
TBS	– Temperatura de bulbo seco	°C
TBU	– Temperatura de bulbo úmido	°C
Σ°C*h	– Somatório de graus-hora	°C.h
I <sub>g</sub>	– Radiação Solar Global Incidente	W/m <sup>2</sup>
UA	– Umidade absoluta do ar	g vapor/kg ar seco
UR	– Umidade relativa do ar	%

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	– Equilíbrio energético entre o corpo humano e seu entorno.....	133
Equação 2	– Temperatura Neutra ( $T_n$ ) de Humphreys, em 1975.....	142
Equação 3	– Temperatura Neutra ( $T_n$ ) de Szokolay, em 1987.....	142
Equação 4	– Temperatura Neutra Exterior ( $T_{ne}$ ) de Aroztegui, em 1995.....	143
Equação 5	– Temperatura Ótima de Conforto ( $T_{comf}$ ) conforme Brager e De Dear, 2002.....	147
Equação 6	– Cálculo do Índice de Temperatura Efetiva (TE).....	148
Equação 7	– Equação senoidal para visualização da variação das condições climáticas de forma contínua ao longo do dia.....	314
Equação 8	– Equação senoidal para visualização da variação das condições climáticas de forma contínua ao longo do dia.....	314
Equação 9	– Ponderação do Inverso das Distâncias ( <i>Inverse Distance Weighting</i> - IDW) .....	409
Equação 10	– Determinação dos pesos em IDW.....	410
Equação 11	– Conversão dos valores de Níveis de Cinza em radiância espectral.....	411
Equação 12	– Conversão de valores de radiância espectral das bandas 3 e 4 em refletância aparente.....	412
Equação 13	– Cálculo inverso do quadrado da distância Terra-Sol em unidade astronômica para a data de imageamento.....	412
Equação 14	– Estimativa das Temperaturas da Superfície Terrestre por radiometria, baseada na Lei de Stefan-Boltzman e na Lei de Plank.....	413



# 1 INTRODUÇÃO

Esta tese se inscreve no conjunto de trabalhos elaborados pela sexta turma do Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Federal do Paraná (MA&D/UFPR), o qual se distingue pela prática inovadora, porém já academicamente consolidada<sup>1</sup>, da interação e do diálogo de saberes na construção do conhecimento científico e pela perspectiva integradora entre os aspectos da natureza e da sociedade na concepção do meio ambiente<sup>2</sup> e desenvolvimento.

Resultado dessa abordagem coletiva e interdisciplinar e da articulação de problemáticas comuns de investigação construídas na Linha de Pesquisa: Urbanização, Cidade e Ambiente Urbano do referido curso, o estudo do Conforto Ambiental na Região Metropolitana de Curitiba é o objeto de estudos de três doutorandos – uma arquiteta (sob a perspectiva do conforto térmico), uma fonoaudióloga (com relação ao conforto acústico) e um economista (sobre resíduos sólidos urbanos).

O presente trabalho: *Clima Urbano/Conforto Térmico e Condições de Vida na cidade – uma perspectiva a partir no AU-RMC (Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba)* visa avaliar a relação entre o clima intra-urbano e a estratificação socioespacial gerada pelo desenvolvimento no AU-RMC como fator intensificador da vulnerabilidade da população em função das condições de vida no que diz respeito ao conforto térmico.

---

<sup>1</sup> Entre as publicações que descrevem a experiência interdisciplinar do MA&D/UFPR citamos três: a primeira registra o desafio da construção do curso e de suas primeiras experiências; e, outras duas versam sobre a trajetória específica da linha de pesquisa Urbanização, Cidade e Ambiente Urbano:

- a) RAYNAUT, C. et al. *Cadernos de Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 3, Curitiba: Editora da UFPR/Université de Paris 7- Denis Diderot, 1996;
- b) MENDONÇA, F. Abordagem interdisciplinar da problemática ambiental urbano-metropolitana: esboço metodológico da experiência do Doutorado em MA&D da UFPR sobre a RMC – Região Metropolitana de Curitiba. In: *Revista de Meio Ambiente e Desenvolvimento - Cidade e Ambiente Urbano*. Publicação quadrimestral do Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento da UFPR, n. 3, Curitiba: Editora da UFPR, 200a, p. 79-95; e
- c) MENDONÇA, F. (Org.) *Cidade, desenvolvimento e meio ambiente: a abordagem interdisciplinar de problemáticas socioambientais urbanas de Curitiba e Região Metropolitana*. Curitiba: Editora da UFPR, 2004a. 276p.

<sup>2</sup> Adotamos o conceito de meio-ambiente descrito por Mendonça (2002a), que integra ambas as dimensões, a da natureza e a da sociedade num conjunto indissociável como alternativa ao atual impasse criado entre o meio-ambiente e o desenvolvimento, consequência do modo de vida da sociedade moderna. *Meio-ambiente* e *ambiente* são considerados pelo referido autor como sinônimos, bem como o são os termos *problemas ambientais* e *problemas socioambientais*, também adotados como sinônimos no presente trabalho.

Este percurso não se apresentou sem obstáculos: algumas correções de trajetória se fizeram necessárias, no decorrer da pesquisa. Após a análise da viabilidade das formas de investigação possíveis e a reorientação de rumos da pesquisa para se alcançar os objetivos propostos, apresentaram-se algumas dificuldades operacionais, entre as quais merece ser mencionado o inverno atípico de 2006, ano escolhido para a realização do levantamento de campo.

Ao se pretender analisar as condições de conforto térmico em função das condições de vida da população segundo a estratificação socioespacial no Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba, constatou-se nas especificidades climáticas locais, o maior desconforto por frio durante a maior parte do ano e com mais intensidade nos meses de inverno.

Procurou-se, assim, caracterizar o clima regional e local e, mais detalhadamente, o período de inverno em Curitiba. O trabalho de campo, portanto, deveria ser realizado mediante levantamentos preferencialmente no mês que costuma ser o mais frio do ano, o mês de julho. Porém, o ano de 2006 apresentou um inverno atípico em que as frentes frias e as massas de ar frio raramente conseguiram se impor ao bolsão de ar quente e seco que predominou na região neste período.

Julho foi excessivamente quente e seco para a estação, como se pode avaliar pelo registro histórico que inclui os dados meteorológicos oficiais e as notícias veiculadas nos jornais. Assim, as medições foram realizadas em agosto, incluindo apenas alguns dias de baixas temperaturas, proporcionados pela rara e rápida passagem das frentes frias por Curitiba neste mês. Mesmo tendo sido um inverno incomum na região, foi possível avaliar a diferenciação intra-urbana do ponto de vista do conforto térmico/condições de vida.

Desta forma, embora a intenção tenha sido avaliar a inter-relação entre as escalas taxonômicas do clima com ênfase do *Clima Local* (clima do Aglomerado Urbano) ao *Topoclima* (clima do lugar), constatarem-se possíveis evidências das repercussões das mudanças climáticas planetárias no âmbito regional, afetando também o clima intra-urbano de Curitiba e o conforto térmico dos seus moradores.

Também na perspectiva da sociedade se evidenciaram as relações entre o local e o global. Embora Curitiba apresente especificidades próprias (não só em função de suas características naturais e socioculturais, mas também de seu planejamento urbano), o desenvolvimento da cidade reflete o processo brasileiro de

urbanização corporativa, concebido por Santos (1994), e se contextualiza no presente momento histórico – do capitalismo exacerbado e mundializado, do domínio da tecnologia e da informação e da crescente dissociação do meio-ambiente.

Fruto das contradições próprias dessa sociedade globalizada, a intensificação das relações socioespaciais urbanas no Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) resulta num espaço estratificado, nos quais os moradores e os usuários sentem o clima de formas distintas.

Para Mendonça (2004c, p. 140-141), enquanto as classes mais favorecidas, detentoras do “poder econômico e tecnológico, vivem a impressão de controlar o tempo e a natureza”, as parcelas da sociedade desprovidas da tecnologia são mais vulneráveis às vicissitudes climáticas<sup>3</sup>.

Assim, o meio-ambiente pode ser percebido na perspectiva de uma profunda interação entre a natureza e a sociedade, na multiplicidade das escalas e nas dimensões cada vez mais indissociáveis do local e do global. Tudo se relaciona, no espaço e no tempo, e nos faz lembrar os escritos de Capra, von Bertalanffy, Maturana e Varela, pelas suas visões sistêmico-holísticas, e Prigogine, Morin e Leff, pelas suas idéias sobre a complexidade do pensamento e a complexidade ambiental (FLORIANI e KNECHTEL, 2003).

O presente trabalho aborda uma pequena parcela desta realidade, embora sob uma perspectiva integradora, o que, diante das limitações, não deixa de ser um grande desafio. O estudo se orienta a partir do seu objeto e, por meio da ampliação do olhar, busca investigá-lo sob diversos pontos de vista.

Assim, o desenvolvimento dessa tese exige a compreensão de conceitos oriundos de distintos campos do conhecimento, que no momento oportuno serão abordados. Mas, para além dos conceitos, as questões ambientais demandam uma nova articulação entre os diversos ramos do saber, criando novas conexões entre as ciências do homem e as ciências da vida.

---

<sup>3</sup> O filósofo Michael Serres também se refere a este tema no quarto capítulo de: SERRES, M. *O Contrato Natural*. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.

## 1.1 O DIÁLOGO DE SABERES

Por que a modernidade deveria estar esgotada na autonomização [...] por que ela não encontraria campos novos e férteis concentrando-se no oposto, isto é, na especialização dos inter-relacionamentos, nos entendimentos contextuais e na comunicação sem fronteiras? [...] Quem sabe a modernização reflexiva comece onde termina a lógica da diferenciação e da dissecação, e esteja combinada com – e oposta a – uma lógica da mediação e da autolimitação? (BECK, 1997, p. 37)

A inconformidade expressada por Beck (em epígrafe) pressupõe a possibilidade e a necessidade da transformação. As “sub-racionalidades que a modernidade simples desenvolveu e reciprocamente isolou” teriam também causado o distanciamento da forma de viver da sociedade em relação ao meio-ambiente, em todas as suas dimensões. Isto, porque a modernidade simples é “aquela da sociedade industrial, cuja compulsão em um momento produz aquela mistura benéfica da sociedade de consumo e da democracia, e no momento seguinte acelera o declínio geral”, revelando-se “não excessivamente racionalista, mas de uma chocante irracionalidade” (BECK, 1997, p. 37).

Esta também é a percepção de Giddens (1991, p. 36), na qual na modernidade os *sistemas peritos* – sistemas de excelência técnica ou competência profissional – são mecanismos de *desencaixe* “que removem as relações sociais das imediações do contexto”. Estes sistemas promovem nossa confiança nos especialistas e conseqüentemente nossa alienação da realidade, nos expondo ao risco da desilusão – fazendo com que vivamos na sociedade do risco.

Se as sociedades pré-modernas eram ameaçadas pelos riscos naturais, a sociedade moderna é ameaçada também pelos riscos fabricados: “os mesmos métodos científicos e burocráticos deram-nos ao mesmo tempo o aquecimento central e o aquecimento global”<sup>4</sup> (GIDDENS e PIERSON, 2000, p. 21).

A complexidade dos aspectos do ambiente na modernidade demanda a compreensão das lógicas dos processos nas suas múltiplas abordagens e a superação da compartimentação científica resultante da sua excessiva especialização, na construção de um novo conhecimento. Desta forma, os problemas socioambientais requerem, por sua complexidade, uma metodologia

---

<sup>4</sup> Observa-se que a intensificação do aquecimento global que, conforme muitos pesquisadores, vem ocorrendo, não é gerada exclusivamente pelas atividades humanas.

interdisciplinar, que demanda uma reformulação e estruturação das disciplinas científicas em função de um novo saber, que visa não só à totalidade do conhecimento, mas à construção de um novo saber, uma apreensão da realidade que permita a ação, a religação do homem ao homem e à natureza.

Conforme Wachowicz (1998, p. 9-24), a interdisciplinaridade se contrapõe à lógica formal ocidental e à metodologia científica analítica e cartesiana, que captura somente o momento estático da realidade. Por meio da dialética, a prática interdisciplinar captura o movimento, pois a vida é dialética, é movimento, e o movimento é contraditório: não corre numa só direção.

Para Leff (2006), o saber ambiental está em construção, exigindo mais do que a soma dos conhecimentos de áreas distintas, mais do que “a uniformização conceitual por meio de uma metalinguagem”. O saber ambiental demanda a problematização do conhecimento sem que sejam desconsideradas as especificidades das ciências constituídas, legitimadas e institucionalizadas, mas, ao contrário, situada no contexto ecológico e sociocultural.

O saber ambiental nasce diferenciado, em relação ao objeto de cada ciência, num processo interno de questionamento e transformação desigual de seus conceitos e métodos. Estes, transformados e transpostos entre os diferentes campos do conhecimento, permitem a internalização do saber ambiental que emerge do entorno por meio de cada ciência centrada em seu objeto.

Assim, o saber ambiental é gerado por meio da transformação “de um conjunto de processos de natureza distinta, de paradigmas do conhecimento e de formação ideológicas, a partir de uma problemática social que os questiona e os ultrapassa” (LEFF, 2006, p. 63-64), uma vez que

a lógica dos processos ecológicos, culturais e tecnológicos que conforma uma racionalidade ambiental está integrada por formações teóricas, instrumentos técnicos, valores, princípios produtivos, estruturas institucionais e interesses sociais diversos, em que se mobiliza e se concretiza o potencial que dá suporte e conduz as práticas do desenvolvimento sustentável (LEFF, 2006, p. 63-64).

A seguir, descreve-se a construção coletiva da prática interdisciplinar no decorrer do curso do doutorado, visando à elaboração das teses.

### 1.1.1 A Experiência da Construção Interdisciplinar <sup>5</sup>

A interdisciplinaridade é um termo que não tem significado único, pois possui diferentes interpretações, mas em todas elas está implícita uma nova postura diante do conhecimento, uma mudança de atitude na reorganização do saber.

O ingresso no Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Federal do Paraná (MA&D/UFPR) exigiu dos acadêmicos vindos das diferentes áreas do conhecimento disciplinar uma nova postura frente à proposta do curso, que concebe o mundo de forma integrada, inter-relacionada, como um todo, e não parcelada ou fragmentada.

Primeiramente, buscou-se entender o significado da interdisciplinaridade como um processo de articulação das diferentes formas de conhecer a realidade, as práticas e os procedimentos na produção do conhecimento, já que os problemas ambientais se apresentam amplamente complexos, exigindo a superação da visão unilateral.

Em seguida, as diferentes disciplinas foram trabalhadas pelos professores com os doutorandos da sexta turma do curso, oportunizando um diálogo de saberes e experiências que contribuíram para encaminhamentos das pesquisas individuais. Entre estas atividades, destaca-se o trabalho coletivo que visou a uma primeira associação entre os conteúdos das disciplinas: *Fundamentos das Ciências Sociais e Fundamentos das Ciências Naturais*, a partir da identificação de uma situação de conflito entre os aspectos da natureza e da sociedade na Região Metropolitana de Curitiba. O exercício se realizou por meio de diferentes formas de aproximação com a realidade, favorecido pela multiplicidade de olhares dos componentes do grupo de distintas formações, tendo como o foco o objeto e não o observador. O esforço para a realização da pesquisa empírica e da análise interdisciplinar foi embasado nas reflexões realizadas e na utilização dos conceitos das Ciências Sociais e Naturais.

Na sequência dos módulos teóricos cursados, as discussões foram aprofundadas em grupos menores nas Oficinas Interdisciplinares de cada linha de pesquisa, visando à articulação dos eixos teóricos que fundamentam o doutorado interdisciplinar àqueles que embasam a linha de pesquisa na qual o trabalho se

---

<sup>5</sup> Parte deste texto (Item 1.1.1) foi elaborado coletivamente pelos doutorandos da linha de pesquisa “Urbanização, Cidade e Ambiente Urbano” da sexta turma do MA&D, ou reproduziu as discussões realizadas entre os componentes da mesma.

insere. Assim, o fundamento teórico dos trabalhos dos doutorandos da linha de pesquisa *Urbanização, Cidades e Ambiente Urbano*, que deve sustentar as teses interdisciplinares, é um conjunto de conceitos relacionados: *o Meio Ambiente, o Desenvolvimento e a Interdisciplinaridade interligados* e, *a Cidade, a Urbanização e a Metropolização*. Na essência dessa reflexão encontra-se o processo de produção que gerou a realidade atual, uma vez que o meio ambiente se constitui na relação entre natureza e sociedade.

A contextualização desta discussão no tempo e no espaço nos conduziu à reflexão sobre a Região Metropolitana de Curitiba (RMC) – o foco espacial da Linha, bem como à seleção do espaço que integraria o trabalho coletivo, que deveria representar a dinâmica metropolitana das últimas décadas e, ao mesmo tempo, proporcionar o trabalho interdisciplinar. A partir dos estudos do grupo e da apropriação das discussões que o próprio curso já realizou e publicou, buscou-se avançar no estudo da RMC sob o ponto de vista do Meio Ambiente e Desenvolvimento.

O processo vivenciado pelos doutorandos da Linha de Pesquisa *Urbanização, Cidade e Ambiente Urbano*, da turma em questão incluiu um estudo coletivo no sentido de investigar os problemas socioambientais da RMC, objetivando definir a problemática comum que contemplasse os projetos individuais do grupo.

Em razão da complexidade e a extensão da RMC e dos projetos individuais apontarem para três municípios contíguos ao Centro-Sudeste e representativos da dinâmica metropolitana dos últimos quinze anos: o município pólo (Curitiba), Fazenda Rio Grande e São José dos Pinhais, definiu-se este recorte como área de estudo. Buscou-se então uma caracterização empírica destes municípios, quanto aos seus elementos naturais e sociais. Embora este objetivo não tenha sido alcançado como um todo, a análise e a observação da referida área possibilitaram diferentes discussões e diálogos entre o grupo e proporcionaram uma rica experiência de aprendizado.

Observe-se que o trabalho interdisciplinar exige dos participantes um esforço de adaptação: além do tempo e da disposição requeridos para superar as dificuldades geradas pelas diversidades individuais e os arraigados preconceitos de origem disciplinar, também a adoção de uma postura aberta, colaborativa e direcionada a uma meta comum, se mostra imprescindível para torná-lo viável. Nas palavras de Gusdorf (1976, p. 26),

a exigência interdisciplinar impõe a cada especialista que transcenda sua própria especialidade, tomando consciência de seus próprios limites para acolher as contribuições de outras disciplinas. Uma epistemologia da complementariedade, ou melhor, da convergência, deve, pois, substituir a da dissociação. À totalização incoerente de palavras não compatíveis entre si, deve suceder a busca de uma palavra de unidade, expressão da reconciliação do ser humano consigo mesmo e com o mundo.

Conforme Japiassu (1976, p. 32), superados os obstáculos ao enriquecimento recíproco, os pesquisadores precisam buscar a interação entre suas áreas de conhecimento. A convergência dos saberes, isto é, dos seus conceitos, diretrizes, metodologias, epistemologias, procedimentos, dados, pode ser orientada no sentido da resolução de um problema, no qual os progressos na discussão teórica influenciem a prática, permitindo novas elaborações teóricas.

No decorrer do trabalho coletivo, as concordâncias encontradas a respeito de conceitos norteadores para as teses a serem desenvolvidas tinham sido: Políticas Públicas e Desenvolvimento Urbano, como aspectos que constituiriam parte da problemática geral, coletiva. Outras interfaces encontradas entre alguns dos trabalhos do grupo foram: a Exclusão Social e a do Conforto Ambiental.

O exercício da construção de problemáticas comuns de investigação avançou com a realização da Oficina de Pré-Qualificação da linha de pesquisa *Urbanização, Cidade e Ambiente Urbano*, em agosto de 2005. A apresentação e a discussão dos projetos individuais em desenvolvimento revelaram algumas das interações possíveis entre os projetos do grupo, a partir das preocupações evidenciadas nos trabalhos individuais, sob a perspectiva das diferentes formações de cada um dos doutorandos, suas problemáticas e recortes espaciais. A discussão a partir de suas leituras sobre o tema, conforme as referências e olhares, produziria uma interação mínima, interdisciplinaridade, diálogo de saberes. Quanto ao empírico, foi estabelecido que o recorte espacial das teses deveria se relacionar à área delimitada para o trabalho coletivo, de forma a promover a interdisciplinaridade e a inserção das teses na metodologia e nos pressupostos do doutorado.

Três trabalhos demonstram a preocupação direta com a relação entre as políticas públicas e o desenvolvimento local. Outras possibilidades de interação foram apontadas, apresentando-se em dois grupos: o primeiro, versaria sobre políticas públicas; o segundo abordaria o conforto ambiental. Neste último grupo, as



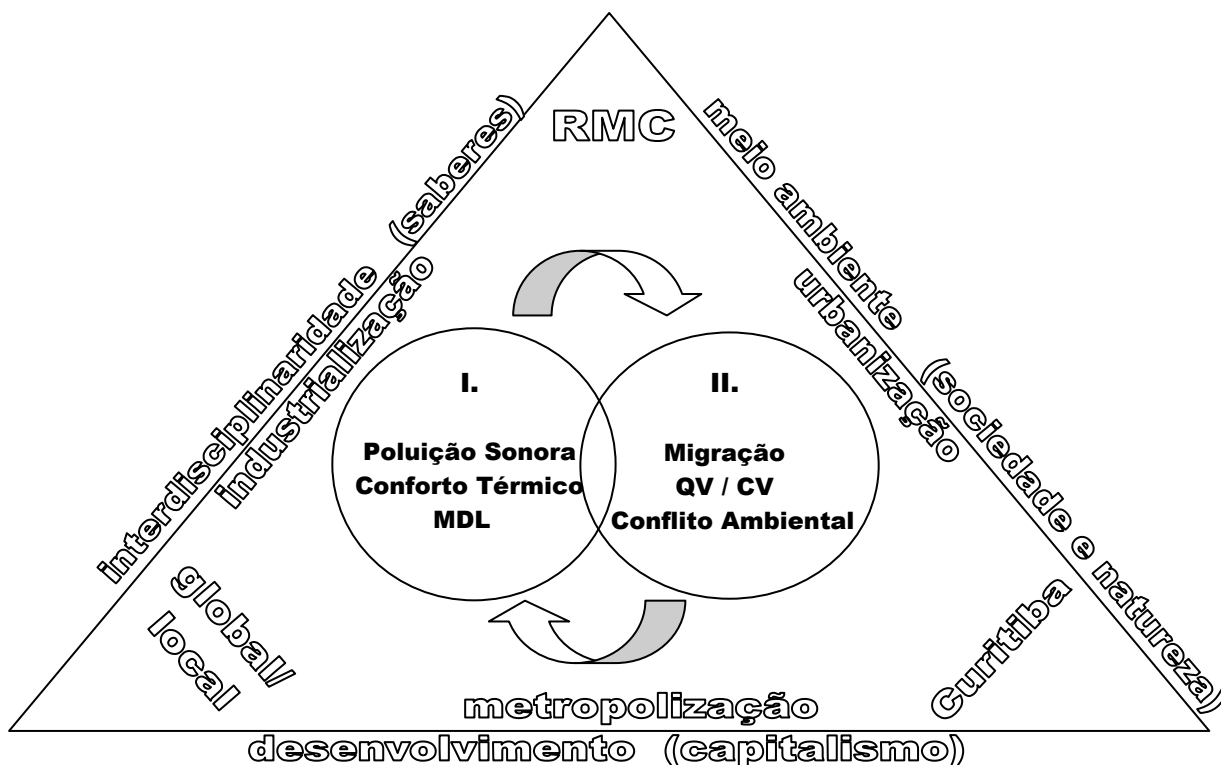
pesquisas sobre Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) e conforto térmico poderiam interagir: enquanto o primeiro aborda as relações entre o clima na escala global e a escala local, o segundo busca as relações das condições climáticas do local para o lugar, da área urbana aos pontos específicos para aferir a noção de qualidade ambiental. Os trabalhos em conforto térmico e conforto acústico poderiam levantar uma discussão acadêmica no sentido de avaliar a dimensão ambiental do planejamento urbano, em face ao ruído e ao conforto térmico. Poderiam questionar o próprio marco teórico daquele processo de planejamento, de modo a apontar ao final, os problemas de um modelo real e que é tomado como exemplar.

Entre as preocupações gerais evidenciadas no grupo, surgiu a questão das escalas diferenciadas dos processos entre o local e o global, que se revela na discussão das escalas na leitura de cidade, na inserção da cidade local nos processos mais globais ou não; na discussão da globalização; na dimensão escalar; e nas políticas públicas – pois a ordem política da globalização, tendo o capitalismo por modo de produção, é intermediada pelo estado, interferindo diretamente nos lugares, por meio das políticas públicas.

A abordagem coletiva e interdisciplinar construída na turma VI da Linha de Pesquisa: *Urbanização, Cidade e Ambiente Urbano* do referido doutorado resultou em dois eixos temáticos de pesquisa interligados entre si (Fig. 1.1):

- I. Desenvolvimento Local e Conforto Ambiental, objeto de estudo de três doutorandos – uma arquiteta (conforto térmico), uma fonoaudióloga (conforto acústico) e um economista (resíduos sólidos); e
- II. Políticas Públicas, objeto de estudo de quatro doutorandos: uma historiadora (identidade e lugar), duas geógrafas (o impacto da tecnologia no cotidiano urbano e o conflito ambiental a partir dos lugares de exclusão) e uma enfermeira (condições e qualidade de vida).

FIGURA 1.1 – Construção do trabalho interdisciplinar durante a Oficina de Pré-Qualificação



- I. DESENVOLVIMENTO LOCAL**
- II. POLÍTICAS PÚBLICAS**

Fonte: Mendonça, 2005<sup>6</sup>

As interações entre as teses ocorreram de formas, intensidades e em momentos diversos, às vezes não previstos. Contudo, verificou-se que a interdisciplinaridade, além de indispensável, é um processo contínuo e evolutivo de aprendizagem, e que pode ser mais bem realizada quanto maior for o comprometimento dos doutorandos envolvidos e quanto mais criterioso o planejamento de sua operacionalização.

Porém, é na metodologia de âmbito geral, coletiva, das interações e do diálogo de saberes, que se insere a metodologia específica de cada projeto individual. A discussão teórica elaborada em conjunto, a partir das leituras de cada um sobre o tema, conforme as diferentes formações, fontes bibliográficas e olhares, deve embasar a problemática individual de cada tese, resultado do diálogo de saberes, fundamento da interdisciplinaridade.

<sup>6</sup> Construção coletiva do trabalho interdisciplinar realizado durante a Oficina de Pré-Qualificação na Linha de Pesquisa: Urbanização, Cidade e Ambiente Urbano, sintetizada por Mendonça (2005).

As discussões relativas aos eixos teóricos do doutorado – meio ambiente e desenvolvimento – e, com maior ênfase, os aspectos socioambientais urbanos na linha de pesquisa: *Urbanização, Cidade e Ambiente Urbano* fundamentaram a construção das problemáticas comuns de investigação dos doutorandos da linha.

Assim, a partir da articulação das problemáticas comuns foi definida a problemática do presente estudo. Devido à abordagem interdisciplinar, optou-se pela análise da relação entre as dimensões da natureza e da sociedade no conforto térmico dos moradores do Aglomerado Urbano da RMC, numa visão sistêmica e holística. Desta forma, a presente pesquisa aborda as condições climáticas urbanas, avaliando-se o conforto térmico verificado em diferentes localidades e levando-se em conta as condições e a qualidade de vida da população. Descreve-se a seguir, a problemática que orientou o presente trabalho.

## **1.2 A URBANIZAÇÃO, O MEIO AMBIENTE E O CONFORTO TÉRMICO**

No atual estágio da modernidade, a sociedade se expressa espacialmente de forma cada vez mais urbana, cosmopolita. Submetida ao domínio global do capitalismo avançado, a nova relação tempo-espacial se deve às mudanças nas formas de trabalho, devido à alta tecnologia. A necessidade de anular as distâncias e a conseqüente evolução nas comunicações e no transporte, resulta na dispersão da população nas áreas metropolitanas. A tendência de concentração que caracterizava o capitalismo industrial transforma-se assim, em um processo paradoxal de concentração e desconcentração simultâneas e em uma explosão urbana sem precedentes, sobretudo (mas não de forma exclusiva) nos países do Sul.

Contudo, se as grandes metrópoles demograficamente densas são energeticamente insustentáveis, a cidade *fragmentada* e *desdensificada* com sua fragmentação policêntrica de atividades, também é de alto consumo de recursos materiais, poluidora e nociva, geradora de dispêndio energético e de custos elevados para a reorganização de suas redes de infra-estrutura e de serviços públicos. Priorizando os interesses do capital, os recursos públicos deixam de atender às demandas sociais, acarretando no agravamento dos problemas socioambientais.

De acordo com Borja e Castells (1997, p. 59), o “novo modelo econômico” do mundo globalizado “se caracteriza simultaneamente por seu grande

dinamismo produtivo e por seu caráter excludente de amplos setores sociais e territórios”. A exclusão efetuada pelos circuitos tecno-econômicos dominantes do sistema mundial ocorre em escala continental até a escala intrametropolitana, em que os processos de exclusão social atual se manifestam de forma mais profunda. Conforme os referidos autores, nas grandes cidades, “sem articular-se e às vezes sem se ver”, coexistem os dois extremos: “os grupos sociais produtores de informação e detentores de riqueza em contraste com os grupos sociais excluídos” e esta crescente duplicidade poderia ser amortizada por políticas sociais e urbanas integradoras.

Entre os mais evidentes e graves impactos socioambientais produzidos pela urbanização devido à sua intensa transformação do meio natural, encontram-se a contaminação e a formação de um clima urbano específico e, como consequência, a perda da qualidade de vida dos habitantes da cidade.

O clima urbano é produzido pela ação do homem sobre a natureza e se relaciona à produção de condições diferenciadas de conforto/desconforto térmico, à poluição do ar, às chuvas intensas, às inundações e aos desmoronamentos das vertentes dos morros – eventos de grande custo social (LOMBARDO, 1985). Condições climáticas urbanas inadequadas significam perda da qualidade de vida para uma parte da população, enquanto para outra, conduzem ao aporte de energia para o condicionamento térmico das edificações. Em consequência, aumentam as construções de usinas hidrelétricas, termoeletricas ou atômicas, de grande impacto sobre o meio ambiente (LAMBERTS et al., 1997).

Assim, os processos de urbanização atuais e a configuração das cidades refletem o desenvolvimento de relações complexas e de resultados negativos para o convívio humano/social na cidade, o que ocorre e também pode ser percebido de forma distinta conforme a sua condição social, principalmente onde as diferenças sociais mais se acentuam: nos “países de desenvolvimento complexo”<sup>7</sup>.

O Brasil, incluído nesta condição de desenvolvimento, apresenta uma dinâmica de urbanização que resulta na segregação social e espacial e na exclusão de grande parte de sua população (SANTOS, 1994). Atualmente, mais de 80% da população brasileira habitam em áreas urbanas (IBGE, 2006) que, em sua maioria, cresceram desordenadamente. Do alto índice brasileiro de urbanização decorrem

---

<sup>7</sup> A noção de países em condições socioeconômicas de alta complexidade é descrita por Mendonça (1993) e se refere a países onde se observa “uma maior atenção do poder público ao sucesso econômico e uma considerável desatenção aos aspectos da promoção social – das condições e qualidade de vida da população”.

problemas de difícil administração e correção sem que sejam destinados recursos para investimentos essenciais.

Além de uma maior vulnerabilidade da população mais desfavorecida ao desconforto térmico, essa parcela da sociedade geralmente é induzida a se estabelecer nos espaços mais degradados da cidade, onde é possível que as condições climáticas específicas agravem ainda mais os baixos índices de qualidade de vida.

O Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba é um exemplo representativo dessas relações socioespaciais urbanas contemporâneas e de suas contradições. Conforme salienta Mendonça (2004a, p. 8), há um “significativo paradoxo existente entre a imagem veiculada nacional e internacionalmente – e as reais condições socioambientais vivenciadas na cidade de Curitiba e na RMC – Região Metropolitana de Curitiba, sobretudo quando observado ante a realidade da urbanização brasileira”.

A construção de imagens acentuadamente positivas em torno de Curitiba é abordada por Sanchez Garcia (1997). A imagem que tem sido veiculada dentro e fora do país é a da cidade exemplo de sucesso, modelo de Planejamento Urbano e Gestão Ambiental desde a década de 1970, a de “capital da qualidade de vida” e “capital ecológica” nos anos 90 e, recentemente, a de “capital social”. Porém, apesar da criação de parques urbanos que elevam os índices de área verde por habitante, da separação e da reciclagem do lixo, esta cidade, devido ao crescimento acelerado pautado por aspectos econômicos e à priorização em seus Planos Urbanísticos de algumas dimensões ambientais e outras não, não tem conseguido solucionar os seus problemas socioambientais.

Curitiba se insere na problemática das cidades brasileiras e do Sul pela sua estrutura, formas de ocupação e uso do solo, pela dualidade crescente entre os níveis sociais e por sua forma de localização industrial, que priorizou os aspectos econômicos em relação aos do meio ambiente.

A partir da década de 1990, a continuidade do *marketing* municipal que há duas décadas já vinha veiculando dentro e fora do país a imagem de Curitiba como cidade modelo, aliou-se à nova fase de industrialização impulsionada pela vinda das montadoras de automóveis para a RMC, atraindo a população do interior e de outros Estados, em nova leva de migração para os municípios que compõem a área conurbada da Região Metropolitana. O crescimento acelerado agravou os problemas

socioambientais locais (ULTRAMARI e MOURA, 1994; MENEZES, 1996; LIMA 2000; MENDONÇA, 2003; 2004c; 2005; 2006).

As ocupações irregulares proliferam em áreas de mananciais hídricos de abastecimento da região (LIMA, 2000), as inundações são cada vez mais freqüentes. Com as sucessivas adaptações dos Planos Urbanísticos, que muitas vezes negligenciaram os critérios bioclimáticos, especula-se que aumentaram as condições de desconforto térmico e a poluição atmosférica na cidade. A interação entre o clima local, os fatores geomorfológicos do sítio, a estrutura urbana, os critérios urbanísticos adotados, as ações da população e dos gestores da cidade criaram uma configuração de espaços urbanos de qualidade climática diferenciada (DANNI-OLIVEIRA, 2000).

Ao planejamento urbano contínuo de Curitiba desde a década de 1940, as adaptações se tornaram inevitáveis. O intenso crescimento causado pela migração de origem rural decorrente da mecanização da agricultura e do desenvolvimento urbano-industrial, da migração entre áreas urbanas e do crescimento vegetativo da população foi, em parte, absorvido pelo adensamento urbano ao longo de eixos lineares planejados, que marcam a paisagem urbana.

Entretanto, o crescimento da cidade se deu não só verticalmente, mas também no sentido horizontal, em expansão ou em conurbação com cidades de municípios vizinhos. O incremento populacional de Curitiba e da Região Metropolitana, por ela polarizada, reflete o padrão de desenvolvimento urbano-industrial que a cidade vem alcançando nos últimos anos, destacando-se no cenário brasileiro.

Entre as regiões metropolitanas brasileiras, a Região Metropolitana de Curitiba foi a que apresentou as maiores taxas de crescimento nas décadas de 1970 e 1980 – respectivamente 5,78% e 3,64%. A população do município de Curitiba, durante estas duas décadas, correspondeu a taxas superiores a 65,8% da população total da RMC (FIRKOWSKI e MOURA, 2001). A população da metrópole, de 609.026 habitantes em 1970, passou a 1.587.315 de habitantes em 2004 (COMEC, 2006).

Para Firkowski (2002), a implantação das novas indústrias implicou o processo de reestruturação socioespacial da cidade. Estas, que operam no paradigma da produção flexível que se estabeleceu a partir dos anos 90 na indústria automobilística, passaram a configurar complexos de produção, demandando novos territórios conforme suas mais recentes características organizacionais. Para atender

às necessidades dessas indústrias, ampliaram-se os territórios disponíveis para o seu uso no Aglomerado Metropolitano<sup>8</sup>, num movimento de “desconcentração territorial de Curitiba”.

Atualmente, a RMC é constituída pelo Aglomerado Metropolitano de Curitiba<sup>9</sup>, composto por Curitiba e pelas áreas urbanizadas de municípios vizinhos – bem como por extensas áreas de mananciais e de características rurais, mais afastadas (FIRKOWSKI, 2002). Nesta área intermediária entre Curitiba e a Região Metropolitana, o Aglomerado Metropolitano de Curitiba, caracterizado pela expansão da mancha urbana e ao mesmo tempo produzido por sua desconcentração, é onde se concentra a grande parte das indústrias.

A alteração da legislação para favorecer a localização dos distritos industriais no subsistema Leste da RMC, em área definida pelo Plano de Desenvolvimento Integrado (PDI) como de preservação de mananciais, e a decorrente instalação de sub-habitações, principalmente em áreas de risco, tornaram-se problemas socioambientais complexos.

No município de Curitiba, núcleo economicamente dinâmico e pólo metropolitano, há cerca de 60.000 domicílios em mais de 300 áreas de habitação irregular – quadro que se estende aos municípios limítrofes (VICENTINI et al., 2004).

O planejamento urbano de Curitiba, inspirado na carta de Atenas, prevê a setorização funcional. A separação das funções urbanas em zonas determinadas tende a ampliar os fluxos, favorecer o consumo de energia e a poluição do ar.

As altas taxas de ocupação e elevados coeficientes de aproveitamento permitidos pela legislação municipal alteram significativamente as interações climáticas. De modo geral, a malha urbana, as ruas e as praças são projetadas sem se considerar a orientação solar e em relação aos ventos.

Com as adaptações sofridas nos planos urbanos, a configuração espacial atual da cidade se caracteriza pela maciça verticalização ao longo das Vias Estruturais que tangenciam o Centro e se estendem aos bairros, escoando o fluxo de veículos. Esta *topografia edificada* atua como uma cortina de concreto, que altera a rugosidade

---

<sup>8</sup> Um Aglomerado Urbano é constituído por uma mancha de ocupação de alta densidade demográfica que extrapola os limites do município pólo, envolvendo municípios limítrofes pelos processos de conurbação e/ou periferização e se caracteriza por uma intensa relação funcional, de fluxos intermunicipais e de atividades urbanas e econômicas (FIRKOWSKI, 2002).

<sup>9</sup> O Aglomerado Urbano abrange 12 dos 26 municípios que hoje compõem a RMC: Curitiba, Almirante Tamandaré, Araucária, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Campo Magro, Colombo, Fazenda Rio Grande, Pinhais, Piraquara, Quatro Barras e São José dos Pinhais.

dos terrenos locais, “ora canalizando os ventos, ora atuando como barreira à livre circulação do ar”, não favorecendo a dispersão dos poluentes atmosféricos, inclusive aqueles lançados pelo intenso trânsito de veículos automotores no local. Os edifícios agem como “capacitores térmicos [...] propiciando a criação de campos térmicos diferenciados” (DANNI-OLIVEIRA, 2000).

Para Suga e Krüger (2005), os cânions urbanos caracterizados pelas Vias Estruturais de Curitiba podem se mostrar inadequados em relação ao clima local (que se caracteriza pelo maior desconforto por frio) dificultando os ganhos solares nos pavimentos inferiores no período do inverno.

Conforme Mendonça (2001b, p. 31), Curitiba é a capital mais fria do Brasil, ainda que a tropicalidade do seu clima se evidencie nas médias de temperaturas elevadas entre os meses de novembro e março (próximas aos 20°C) e nas altas temperaturas máximas absolutas que podem atingir, como 37,8°C em novembro de 1977. Porém, o inverno apresenta temperaturas bastante baixas para os padrões tropicais, com temperaturas médias de 13°C em junho e julho e a mínima absoluta de -5,2°C (em junho de 1972). Para o autor, Curitiba pode ser considerada uma cidade úmida e fria, com grande amplitude térmica diária e anual e tempo freqüentemente instável.

Desta forma, o maior desconforto térmico em Curitiba é o desconforto por frio, que ocorre durante o ano e principalmente no inverno (DUMKE, 2002). A sensação de conforto térmico é definida como *o estado mental que expressa satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa* (ASHRAE, 1981)<sup>10</sup>, uma vez que o homem, animal homeotérmico, tem necessidade de manter constante a temperatura de seu organismo em torno de um valor de 37°C, com os limites situando-se entre 35° e 40°C.

A importância do conforto térmico relaciona-se não só à sensação de conforto das pessoas, como também ao seu desempenho no trabalho e à sua saúde. Os limites da sobrevivência, dependendo do tempo de exposição das pessoas às condições termo-ambientais, definem uma faixa bastante larga de temperatura. Já os limites da saúde são bem mais estreitos, sendo os de conforto ainda mais. A condição de conforto é obtida mediante o efeito conjugado e simultâneo de um complexo conjunto de fatores objetivos, como os elementos do

---

<sup>10</sup> ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering (Sociedade Americana de Engenharia de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado).



clima (temperatura do ar, umidade relativa, movimento do ar e radiação) e a vestimenta, e outros de caráter subjetivo como aclimação, forma e volume do corpo, cor, metabolismo etc. O efeito conjugado destes parâmetros, quando produz sensações térmicas agradáveis, é denominado *zona de conforto* e seu estudo é de suma importância para o condicionamento térmico natural das edificações ou Arquitetura Bioclimática (RORIZ, 1987).

Embora o organismo tenha seu funcionamento regulado pela adaptação às condições climáticas como uma resposta fisiológica, há que se ressaltar, ainda, entre os fatores de caráter subjetivo, aqueles de origem cultural formados pela tradição e pela experiência vivida, dos quais depende a satisfação com o ambiente térmico e que conduzem a comportamentos defensivos a condições térmicas desfavoráveis.

A adaptação dos povos ao meio natural tornou-se o fator determinante das formas de se construir, tornando o ambiente construído – as edificações e seu conjunto, a cidade – o meio favorável para o desenvolvimento do homem. Desta forma, as expressões construtivas de forte caráter regional são as que possuem estreita relação com o seu entorno (OLGYAY, 1963).

Mas, nos últimos séculos, de modo cada vez mais intenso, a comunicação entre as sociedades, o desenvolvimento tecnológico e as descobertas de novos materiais têm contribuído para que o ato de construir se distancie dessa adaptação natural. Descartam-se as tradições locais próprias de adaptação ao sítio, desprezando-se a experiência acumulada durante séculos.

O Clima Urbano “resulta das modificações radicais que os processos de urbanização produzem na natureza da superfície e nas propriedades atmosféricas de dado local” (OKE, 1978). Desta forma, por meio da emissão de poluentes, atividades industriais, desflorestamento e outras atividades antropogênicas, o processo de urbanização provoca alterações na atmosfera urbana, gerando “ilhas de calor” e “ilhas de frescor”, conforme a configuração da dinâmica do uso do espaço e resultando na diferenciação dos microclimas urbanos.

Os microclimas, freqüentemente, deixam de ser considerados no planejamento das cidades, tampouco tem sido dada a devida importância às condições climáticas urbanas resultantes da interação da natureza e da sociedade (morfologia do relevo, massas de vegetação, estrutura urbana e circulação de ar, entre outras). O conhecimento das condições climáticas em localidades diferenciadas na

cidade pode contribuir para a melhoria das condições de conforto humano dentro e fora das edificações, bem como para o uso racional da energia e, portanto, colaborar com o desenvolvimento humano duradouro.

No Brasil, como adverte Monteiro (2003), nesta época em que na maior parte do país se elabora planos diretores municipais, devido às exigências do Estatuto da Cidade – Lei Federal nº 10.257/01 torna-se fundamental que os estudos não se restrinjam aos aspectos econômicos, mas que visem à qualidade de vida de todas as classes sociais, sem privilegiar uma em detrimento de outras e sem favorecer as gerações do presente em relação às gerações futuras. Configuram-se nesta perspectiva os estudos do Clima Urbano.

Alguns trabalhos sobre a climatologia urbana têm sido realizados em várias cidades do Brasil, em condições climáticas diversas, entre os quais destacamos os de Danni (1987), Lombardo (1985), Mendonça (1995), Brandão (1996) e Assis (2000).

Curitiba, porém, se encontra numa região climática com características especiais, pois está inserida nos 0,8% do território nacional que correspondem à área mais fria do país, conforme o Zoneamento Climático Brasileiro (ABNT, NBR 15220-3, 2005). Enquanto os estudos realizados em climatologia urbana para a maioria das cidades brasileiras revelam o maior desconforto térmico por calor, Curitiba apresenta maior desconforto por frio. Agravando as condições de conforto térmico, as técnicas construtivas utilizadas nas habitações em Curitiba, de modo geral também não são adequadas para o clima local, conforme constata Dumke (2002)<sup>11</sup>.

Para se obter a estrutura, a configuração e a densidade adequadas ao clima, as intervenções urbanas deveriam considerar, além da multiplicidade das formas de uso/ocupação dos espaços construídos, também as características físicas do sítio e os elementos climáticos. Poucas iniciativas têm sido tomadas pelas autoridades municipais neste sentido. Assim, em relação aos quesitos de conforto ambiental, a cidade carece de estudos que subsidiem intervenções mais amplas de planejamento, que resultem em proposições ao próprio zoneamento visando ao conforto térmico.

---

<sup>11</sup> DUMKE, E. *Avaliação do Desempenho Térmico em sistemas construtivos da Vila Tecnológica de Curitiba como subsídio para a escolha de Tecnologias Apropriadas em Habitação de Interesse Social*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2002.

De outro lado, em Curitiba, as distintas condições climáticas urbanas, que resultam de diversas variáveis inter-relacionadas, obviamente têm sido influenciadas pelo processo de planejamento urbano. A análise das condições de conforto térmico em diferentes locais da cidade torna possível avaliar a conveniência do zoneamento proposto sob este aspecto e subsidia a escolha de medidas a serem tomadas no sentido de promover a melhoria das condições de vida dos moradores, considerando-se os princípios bioclimáticos no urbanismo.

Portanto, a pesquisa aborda as condições climáticas urbanas, avaliando as condições de conforto verificadas em diferentes localidades do AU-RMC, levando em conta as diversas classes sociais. Assim, torna-se relevante a compreensão da distribuição espacial na cidade conforme a diversidade social das habitações e o questionamento do modelo de planejamento urbano tido como exemplar.

Respeitando os princípios do conforto ambiental, o planejamento e o controle do uso e ocupação do solo podem beneficiar milhões de pessoas de todos os níveis sociais. Uma configuração de cidade ambientalmente adequada deve minimizar os impactos do crescimento urbano sobre a natureza, reduzir a poluição do solo, da água e do ar decorrentes das atividades humanas, melhorar as condições de insolação e ventilação dos ambientes, buscar uma boa distribuição e índices adequados de áreas permeáveis e de áreas vegetadas, e ampliar o uso racional dos recursos naturais na construção. Deve, enfim, promover a preservação da qualidade do meio ambiente urbano e da qualidade de vida dos seus habitantes.

O maior conhecimento do clima intra-urbano e do conforto térmico associado às condições de vida na cidade de Curitiba, fornecerá um sólido fundamento para as decisões dos urbanistas e dos gestores municipais. Isto porque, o clima intra-urbano não se restringe ao efeito de ilha de calor urbana, mas é um tema complexo que abrange diversos fatores inter-relacionados.

A escolha do Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba (AU-RMC) para o presente estudo do conforto térmico se deve às seguintes razões:

- este espaço caracteriza as relações socioespaciais urbanas e suas contradições próprias da sociedade atual, que avança no período urbano-industrial na modernidade;
- suas especificidades climáticas levam as pessoas a sofrerem o desconforto por frio, distinguindo-se no cenário brasileiro e

proporcionando um estudo de interesse dos campos da climatologia urbana e do conforto térmico;

- sua inserção na área piloto de estudo do doutorado (a RMC) contemplando inclusive as áreas de estudo dos doutorandos da sexta turma na respectiva linha de pesquisa favorece a interação entre as teses, aspecto relevante na metodologia adotada; e, finalmente,
- por uma relação pessoal e contínua da autora com este espaço urbano, experiência que favorece o aprofundamento do estudo.

Desta forma, as questões que se colocam são: A estruturação e a configuração urbana de Curitiba, conhecida como “cidade modelo”, “capital ecológica” e “capital social” garantem boas condições e qualidade de vida quanto ao aspecto do conforto térmico para seus habitantes de forma igualitária?

E ainda: Teria o desenvolvimento urbano em Curitiba induzido à intensificação da vulnerabilidade da população em relação ao conforto térmico?

Destas questões emergem os desdobramentos:

- Será que independentemente da estruturação da cidade e do seu Plano Diretor é necessário que se tenha uma boa condição de vida para se ter conforto térmico?
- Como se dá a diferenciação espaço-temporal das condições climáticas de Curitiba/AU-RMC?
- Como a distribuição espacial das habitações, associada à desigualdade social, se relaciona com as variações das condições climáticas na cidade?

A partir destas questões estabeleceram-se as seguintes hipóteses que nortearam a pesquisa:

O desenvolvimento da cidade de Curitiba gerou uma grande diferenciação urbana. No que diz respeito ao conforto térmico dos habitantes, esta distribuição desigual induziu a uma intensificação da vulnerabilidade socioambiental da população em função das condições de vida.

Há uma relação entre a estratificação social do espaço urbano e as condições de conforto térmico dos habitantes. Em relação ao clima intra-urbano, as classes menos favorecidas habitam lugares de maior rigor climático. Como fator agravante, também são estas pessoas que dispõem de menos meios de se proteger do clima, tanto em relação ao acesso à saúde, à alimentação, à energia e a

equipamentos condicionadores de água e ar, como as vestimentas adequadas e ao ambiente edificado, denominados respectivamente, segunda<sup>12</sup> e terceira pele<sup>13</sup>.

O objetivo geral da presente investigação é avaliar a relação entre o clima intra-urbano e a estratificação socioespacial gerada pelo desenvolvimento no AU-RMC como fator intensificador da vulnerabilidade da população em função das condições de vida no que diz respeito ao conforto térmico.

Os objetivos específicos são:

- analisar as condições e qualidade de vida dos habitantes por meio da distribuição socioespacial das habitações no Aglomerado Urbano da RMC;
- caracterizar o ambiente urbano do AU-RMC, por meio da espacialização integrada dos elementos do sítio, do construto urbano e os aspectos sociais;
- compreender as condições climáticas do AU-RMC, por meio da caracterização do *Clima Regional*, do *Clima urbano* e do *Clima Intra-urbano*, considerando a interação entre as escalas taxonômicas do clima;
- avaliar a influência de aspectos da urbanização na formação do clima urbano;
- investigar a relação entre as paisagens intra-urbanas e o clima e identificar os fatores de maior relevância na sua formação;
- investigar o impacto das condições climáticas intra-urbanas na sensação de conforto térmico; e
- estabelecer a relação entre as condições climáticas intra-urbanas e a diversidade social das habitações (condições e qualidade de vida).

---

<sup>12</sup> A eficácia da vestimenta na proteção ao clima se dá em função do isolamento térmico, que depende da espessura, da porosidade e do número de camadas de tecido, determinando a resistência térmica total. No caso da vestimenta dos beduínos, o efeito da proteção solar se soma ao isolamento térmico devido aos vazios entre as camadas de tecido e o corpo, de forma a favorecer ao movimento do ar junto à pele e à manutenção de sua umidade, proporcionando um melhor conforto térmico.

<sup>13</sup> Denominada de terceira pele, a habitação evoluiu na adaptação ao meio climático, por meio de técnicas construtivas a partir do sedentarismo, chegando a configurar construções bastante especializadas, chamadas de “arquitetura bioclimática” (KRÜGER, 2002a). Porém, a adequação das construções (e espaços urbanos) ao clima é muitas vezes deficiente nas grandes cidades dos países em desenvolvimento, onde a pouca tradição construtiva de adequação ao clima não acompanha o acelerado desenvolvimento urbano, a grande mobilidade social, e onde os avanços das tecnologias construtivas e os planos urbanos, via de regra, priorizam outros aspectos. Neste caso, “enquanto para a população de classe média e alta a falta de habitabilidade das edificações significa aumento de consumo energético com climatização artificial, para a população menos favorecida a inadequação térmica das habitações significa *desconforto térmico*” (DUMKE, 2002).

A reflexão sobre a inter-relação dos fatores geomorfológicos do sítio, sobre a estrutura urbana e a ocupação resultante do desenvolvimento de Curitiba associada à percepção de condições de conforto ambiental diferenciadas em setores da cidade, conduz à constatação da importância de um planejamento urbano que considere as características climáticas locais. O estudo das características do clima relacionado ao conforto térmico em áreas externas proporciona a identificação das estratégias de condicionamento passivo a serem adotadas no ambiente construído, tanto na escala da cidade como na da edificação. Um clima urbano que promova o Conforto Ambiental possibilitará menor demanda energética em condicionamento artificial, o uso racional de recursos naturais, a melhor dispersão dos poluentes, o melhor desempenho e menos riscos ao conforto e à saúde dos habitantes.

### **1.3 O ESTUDO DO CLIMA URBANO NO AU-RMC**

Os objetivos desta pesquisa pressupõem a escolha de métodos e técnicas que permitam a dialética entre aspectos sociais e naturais, o diálogo de saberes e a perspectiva holística, visando à construção de alternativas para fazer frente às questões urbanas que têm se agravado rapidamente, pois, conforme Mendonça (2002a, p. 141),

a natureza cambiante do mundo contemporâneo, e da intensidade da velocidade que o qualifica, impõem a necessária simultaneidade de novos olhares, novas técnicas e novas perspectivas sobre o objeto de estudo. [...] Impõe sobretudo a abertura das mentes para se criar o novo, o diferente, aquele que superará o estágio das dificuldades e limitações de apreensão do real que tão marcadamente ainda caracteriza o presente. Um novo pensamento, desencadeador de mudanças, não se consolida se não exercitar um diálogo e saberes distintos e sem demover resistências, mas estes acabam por lapidá-lo, pois proporcionam a experimentação de ousadias e profundo repensar de formulações.

A necessidade de buscar novas formas de apreender a realidade, de pensar e buscar soluções surge como uma forte reação à modernidade industrial. Esta sofre, não por ser excessivamente racional, mas sim, pela ausência de racionalidade, pois, ao atribuir “cada código a um e único subsistema, bloqueia o horizonte de possibilidades futuras, a capacidade de autoconformação e delimitação” (BECK, 1997, p. 46). O

padrão para uma nova modernidade deveria ser a aplicação da dúvida de forma reflexiva para questionar certezas científicas, partindo-se dos princípios de precaução e de reversibilidade. As novas racionalidades surgem quando os códigos de comunicação são aplicados reciprocamente, por exemplo de arte com ciência, tecnologia com ecologia, economia com política, criando uma nova entidade e novas possibilidades (BECK, 1997, p. 38)<sup>14</sup>.

Nesta perspectiva é que o presente trabalho se insere, uma vez que, por suas características, demanda o estudo inter-relacionado de diferentes ramos do conhecimento. O estudo do conforto ambiental por si só requer o tratamento multidisciplinar (biologia, ecologia, climatologia e meteorologia, arquitetura, geografia, fisiologia humana, ciências térmicas<sup>15</sup>, energia etc.). Nesta pesquisa, em que se avalia o conforto térmico no contexto do Aglomerado Urbano da RMC relacionado às condições de vida dos moradores, torna-se imprescindível uma interação ainda mais ampla.

Esta interação é viabilizada pela abordagem interdisciplinar da problemática socioambiental que distingue o programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento da UFPR: a integração entre uma metodologia de âmbito geral, coletiva, aquela das interações e do diálogo de saberes, na qual se insere a metodologia específica de cada projeto, individual. A formação multidisciplinar dos integrantes do grupo privilegia a busca da interdisciplinaridade. Assim, o texto individual que sustenta cada tese baseia-se na discussão teórica elaborada em conjunto, a partir das leituras de cada um sobre o tema, conforme as diferentes formações, referências e olhares, resultado do diálogo de saberes, fundamento da interdisciplinaridade.

Selecionadas por sua adequação ao tema de pesquisa e a uma abordagem mais abrangente, interdisciplinar e dialética, as propostas teórico-metodológicas que fundamentaram os procedimentos do estudo do conforto térmico no Aglomerado Urbano da RMC são brevemente expostas a seguir.

---

<sup>14</sup> A discussão sobre a construção de uma racionalidade socioambiental, formada por uma complexa rede de racionalidades interconectadas e ao longo do processo, é desenvolvida por LEFF, E. *Ciências Sociales y Formación Ambiental*. Barcelona: Gedisa, 1994.

<sup>15</sup> As ciências térmicas compõem a área da Engenharia Mecânica e abordam os temas ligados à transferência de calor e massa; termodinâmica; máquinas, sistemas e equipamentos térmicos; métodos experimentais; propriedades físicas; metrologia térmica; fontes alternativas de energia, entre outros.

## **Clima e Conforto Térmico no Contexto das Condições Socioambientais Urbanas – Uma Abordagem Sistêmica**

Segundo Mendonça (2004b) muitas das iniciativas no sentido de ordenar o desenvolvimento urbano brasileiro com vistas ao controle de seus problemas socioambientais no passado recente, não obtiveram sucesso por desconsiderarem a cidade sob a visão do todo. Os estudiosos, planejadores e gestores da cidade devem tomá-la sob uma perspectiva mais abrangente, “da complexidade de seus elementos, suas dimensões e dinâmicas”. Pois, como assinala o autor: o novo não é a compreensão de que a cidade é um campo de interações entre a natureza e a sociedade, mas a perspectiva pela qual os atores do urbano passam cada vez mais a considerar a relevância desta interação na busca de soluções para os problemas da cidade.

Neste sentido, destaca-se na área de estudos da climatologia urbana, a proposta teórico-metodológica do geógrafo brasileiro Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, intitulada Sistema Clima Urbano (SCU) (MONTEIRO, 1976) e embasada na Teoria Geral dos Sistemas (TGS) de Ludwig von Bertalanffy (1973).

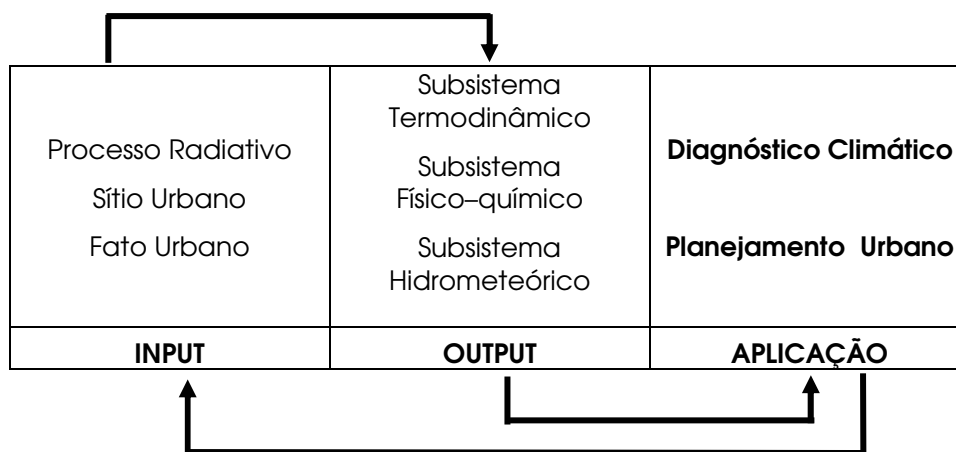
Tratando a cidade do ponto de vista sistêmico, caracterizada por uma permanente interação entre os elementos da natureza e da sociedade, Monteiro (1976) propôs a análise do clima como parte deste sistema, a cidade, análise cuja ênfase não deve ser o fracionamento das partes do todo sistêmico, mas a organização funcional e a relação entre elas. O clima, segundo Monteiro (2003, p. 11-12), deve ser compreendido de forma dinâmica, em seu “ritmo de sucessão habitual dos estados atmosféricos sobre os lugares” e, no caso da climatologia urbana, as medidas na cidade devem revelar a série de alterações que a distinguem do seu entorno rural.

A metodologia do SCU – Sistema Clima Urbano se compõe de três subsistemas inter-relacionados, ordenados por Monteiro (2003) conforme a percepção humana: os subsistemas Termodinâmico (Conforto Térmico), Químico (Qualidade do Ar) e Hidrometeorológico (Meteoros de Impacto). O SCU leva em conta o complexo fluxo de matéria e energia, no qual os aspectos naturais do território e da atmosfera e a participação antropogênica interagem de forma permanente e dinâmica na constituição do clima urbano. Mas, para além do diagnóstico da realidade urbana, o SCU conduz à perspectiva da solução de problemas ambientais nos três subsistemas do clima urbano e à elaboração de diretrizes para o



planejamento da melhoria das condições de vida na cidade. A Figura 1.2 traz uma ilustração do SCU de forma esquemática:

FIGURA 1.2 – SCU – Sistema Clima Urbano (MONTEIRO, 1976) (simplificado)



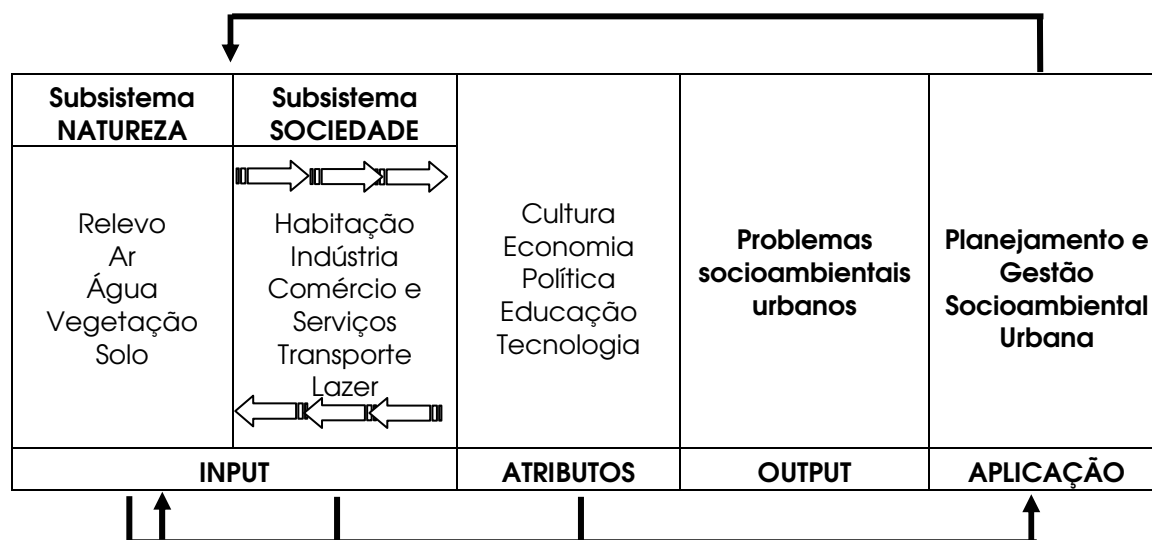
Fonte: Monteiro, 1976 Apud Mendonça 2004b

Também na perspectiva sistêmica, o PNUD/UNOPS (1997) propõe o estudo dos problemas ambientais urbanos sob o enfoque do Sistema Ecológico Urbano, composto de três subsistemas e suas interações: o Subsistema Construído, o Subsistema Natural e o Subsistema Social. A partir da identificação da dinâmica socioespacial em cada subsistema do ambiente urbano e das interações entre elas, são analisados os problemas ambientais urbanos que se manifestam em suas diversas escalas.

Fundamentando-se nas concepções do Sistema Clima Urbano de Monteiro (1976) e do Sistema Ecológico Urbano do PNUD/UNOPS (1997) e detalhando-as, Mendonça (2004b) propõe o SAU – Sistema Ambiental Urbano. Conforme o autor, o SAU toma a cidade como um todo, um sistema complexo e aberto, composto de três subsistemas: o Subsistema Natural e o Subsistema Construído, que juntos formam o *input* do SAU, e o Subsistema Social, que corresponde aos atributos do sistema. Os três subsistemas citados, por sua vez, se compõem de diversas instâncias.

Mas a natureza, quando se manifesta em episódios abruptos e impactantes, também aparece como dinamizadora do sistema. Os dinamizadores do SAU são: a Dinâmica da Natureza e da Dinâmica da Sociedade (Fig. 1.3).

FIGURA 1.3 – SAU – Sistema Ambiental Urbano (simplificado)



Fonte: Mendonça, 2004b, p. 201

Da interação dos três subsistemas que correspondem ao *output*, surgem os problemas socioambientais urbanos, para os quais devem ser buscadas soluções aplicáveis ao planejamento e à gestão socioambiental urbana. A influência direta da aplicação dessas soluções na qualidade de vida da população promove a continuidade do processo sistêmico, por meio dos mecanismos de *feedback*.

Representando um avanço nos estudos da problemática urbana e na perspectiva interdisciplinar, o SAU permite ao mesmo tempo uma abordagem ampla dos impactos socioambientais urbanos e o aprofundamento em seus diversos aspectos e diversidades escalares, visando a soluções com profundidade e eficiência.

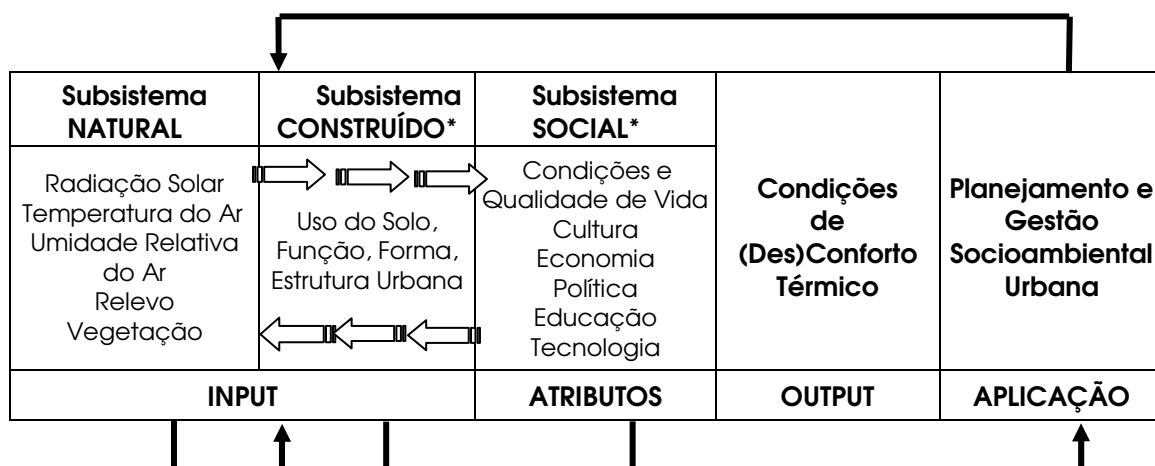
Neste caso, a presente pesquisa aborda o estudo do conforto térmico, que envolve a temperatura, a umidade e o movimento do ar, afetando permanentemente a todas as pessoas. Porém, para o estudo do clima intra-urbano e do conforto térmico relacionado às condições e qualidade de vida dos habitantes, tornou-se imprescindível uma adaptação dos métodos utilizados em climatologia urbana. Encontrou-se na proposta do Sistema Ambiental Urbano, de Mendonça (2004b, p. 185-207), o fundamento teórico-metodológico para tais adaptações.

Para melhor compreensão do trabalho, descreve-se a seguir o estudo do conforto térmico como parte integrante do SAU.

O conforto térmico é significativamente alterado pelo Subsistema Natural e também pelo Subsistema Construído como um todo (quanto ao zoneamento do uso

do solo, à densidade horizontal<sup>16</sup>, e densidade vertical<sup>17</sup>, à geometria urbana, às propriedades físicas das superfícies e dos materiais, ao tráfego urbano, etc). O Sistema Construído é, por sua vez, dinamizado pelo Subsistema Social nas instâncias cultural, econômica e política. Os problemas relacionados ao conforto térmico, ao desempenho e à saúde das pessoas, ao consumo, à produção e à distribuição de energia para climatização, ao uso do espaço externo pela população, entre outros, podem ser conduzidos à sua solução por meio de estudos e propostas de planejadores e gestores urbanos. A Figura 1.4 ilustra o estudo do Subsistema Conforto Térmico inserido no SAU.

FIGURA 1.4 – O Conforto Térmico inserindo no SAU



\* Para o autor, o Subsistema Construído e o Subsistema Social compõem um subsistema único: o Subsistema Sociedade.

Fonte: Mendonça, 2004b, p. 201 (alterado)

Observe-se que por meio do SAU é possível abordar tanto a problemática individual da tese, a do conforto térmico relacionado às condições de vida, quanto a problemática geral: a relação entre os Aspectos Socioambientais e o Desenvolvimento Urbano na Região Metropolitana de Curitiba – fundamento das teses desenvolvidas pelos integrantes da Turma VI da linha de pesquisa:

<sup>16</sup> Na legislação municipal, indicada pela Taxa de Ocupação: razão da projeção da edificação sobre a área total do lote em determinada zona urbana.

<sup>17</sup> Na legislação municipal, o Coeficiente de Aproveitamento é o índice utilizado para estabelecer o potencial construtivo do lote por meio da razão entre a área líquida a ser edificada e a área total do lote. Resulta na determinação das dimensões e do número de pavimentos dos edifícios em determinada zona urbana.

“Urbanização, Cidade e Ambiente Urbano” do Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento da UFPR.

Além disso, o SAU é apropriado ao estudo interdisciplinar e ao estudo inter-relacionado entre as escalas diferenciadas dos processos, sejam estes relativos à atmosfera ou relacionados à inserção da cidade local no âmbito do global – preocupações gerais evidenciadas nas discussões dos projetos de teses do grupo de pesquisa.

A discussão a respeito da escala taxonômica conforme as categorias de organização geográfica e suas articulações com o clima urbano pretende, sem prejuízo da perspectiva holística, possibilitar um estudo coerente entre escala cartográfica de tratamento, extensão e duração do fenômeno climático, abordagem específica e técnicas de análise (COLLISCHON, 1998).

O roteiro foi elaborado com base na metodologia proposta por Mendonça (1995) para o estudo do clima urbano de cidades de porte médio e pequeno. Porém, a aplicação desta metodologia em estudos para cidades de maiores dimensões ou com maior grau de complexidade de paisagem urbana exige adaptações, como as realizadas por Collischon (1998) para a Região Metropolitana de Porto Alegre.

O presente estudo relaciona o conforto térmico às condições e qualidade de vida no AU-RMC, portanto foram realizadas as seguintes adaptações à proposta metodológica de Mendonça (1995):

- a) a discussão coletiva no âmbito da Região Metropolitana de Curitiba sob a perspectiva do meio ambiente e do desenvolvimento;
- b) a adequação ao SAU proposto por Mendonça (2004b);
- c) a adaptação de ordem escalar, apoiada no trabalho de Collischon (1998), exigida pelo porte do objeto de estudo – o Aglomerado Urbano da RMC; e,
- d) a inclusão na Análise Espacial de uma representação cartográfica da distribuição socioespacial das habitações.

## 1.4 ROTEIRO METODOLÓGICO

O roteiro metodológico para o estudo do Aglomerado Urbano da RMC foi organizado em duas partes. A primeira parte consiste em uma metodologia coletiva, o desenvolvimento de uma problemática geral sobre os aspectos socioambientais da RMC, e a segunda parte na metodologia individual, com o tema: conforto térmico e condições de vida no AU-RMC, que por sua vez, se subdivide em quatro etapas seqüenciais distintas, considerando os aspectos espaciais e temporais e a correlação entre os mesmos (ver Fig. 1.5):

### ***I - PARTE: O Programa Comum de Pesquisa***

A construção do trabalho coletivo

A construção do trabalho individual

### ***II - PARTE: A Problemática Específica: Conforto Térmico***

**1ª Etapa:** Decisão e Controle

- Recorte Espacial
- Recorte Temporal

**2ª Etapa:** Levantamento de Dados e Sistematização

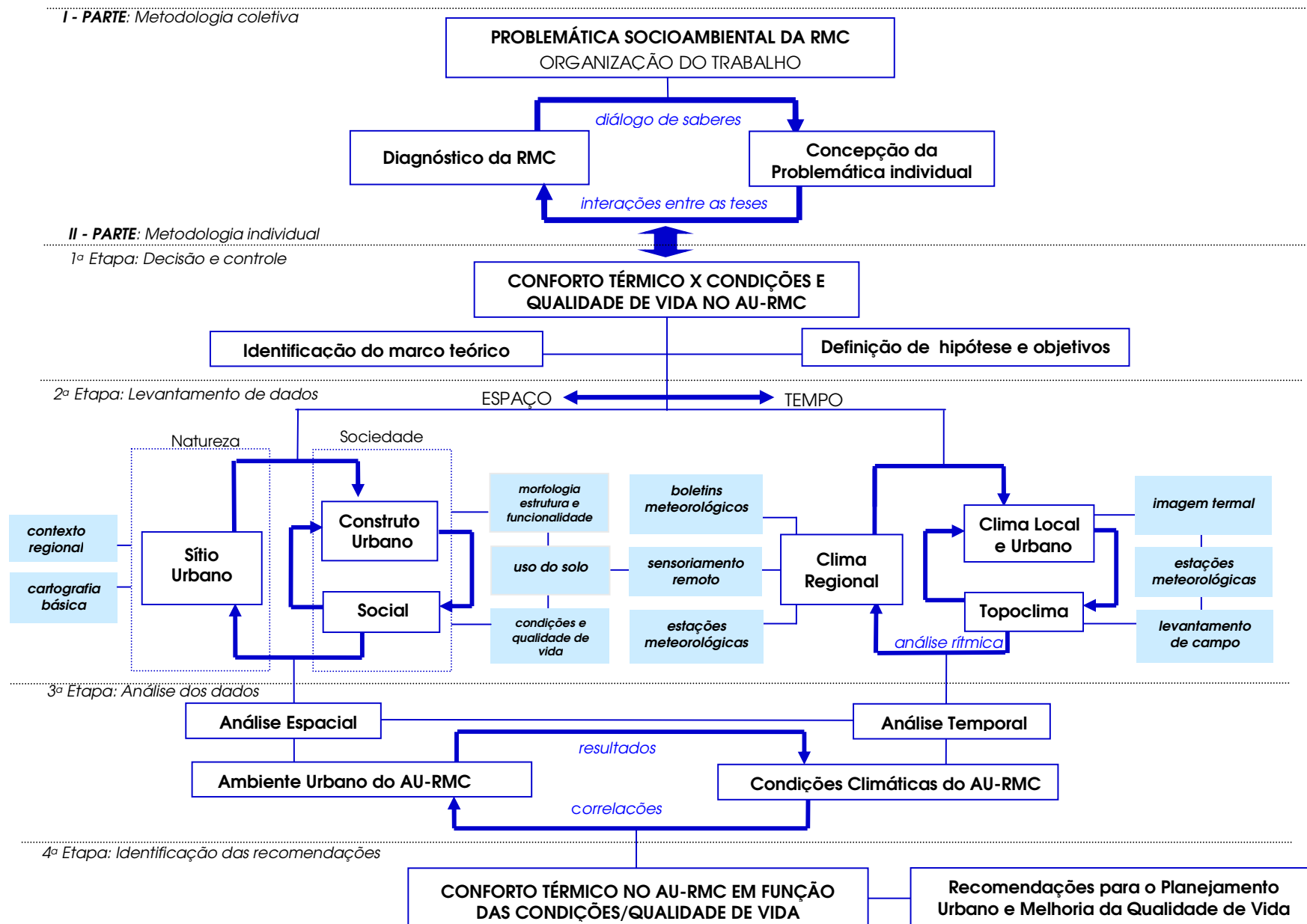
- Análise Espacial
- Análise Temporal

**3ª Etapa:** Análise dos Dados

**4ª Etapa:** Considerações Finais e Recomendações

O AU-RMC se enquadra na categoria taxonômica do Clima Local, exigindo, para a Análise Espacial da sua área de estudo, uma escala de tratamento entre 1:100.000 e 1:200.000, de forma a estruturar a investigação, possibilitando a avaliação dos efeitos da urbanização sobre as condições climáticas. Para a Análise Temporal, no estudo do Clima Local, Collischon (1998, p. 39) sugere como estratégias de abordagem a utilização de postos meteorológicos e do trabalho de campo conjugadas à análise de imagens de satélite como fontes de dados e meios de observação.

FIGURA 1.5 – Roteiro Metodológico



## **I - PARTE: O Programa Comum de Pesquisa**

A primeira fase se compõe da construção coletiva do programa de pesquisa, buscando-se a integração por meio de uma metodologia de âmbito geral, coletiva, interdisciplinar, na qual se insere a metodologia específica de cada projeto. Desta forma, a discussão teórica elaborada em grupo sob formações, referências e olhares distintos, resultado do diálogo de saberes, fundamenta a construção de cada tese.

**A construção do trabalho coletivo** (mencionada no item 1.1), compreendeu:

- a) a discussão teórica coletiva fundamentada na bibliografia referente aos aspectos socioambientais urbanos e à abordagem interdisciplinar, visando à compreensão das relações entre o Desenvolvimento Urbano e o Meio Ambiente e de sua aplicação à RMC – foco espacial da linha de pesquisa: “Urbanização, Cidade e Ambiente Urbano” do Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento da UFPR;
- b) o esforço do grupo no sentido de realizar um diagnóstico da RMC, visando à elaboração de uma problemática comum que contemplasse os projetos individuais do grupo, possibilitando diferentes reflexões e diálogos;
- c) a discussão dos trabalhos individuais em elaboração e o levantamento das possibilidades de interação entre os projetos do grupo, considerando as preocupações evidenciadas, os recortes espaciais e os temas de cada um;
- d) o estabelecimento de um fundamento teórico comum para orientar o desenvolvimento das teses e de um recorte espacial coincidente visando promover a interdisciplinaridade e a inserção das teses na metodologia e nos pressupostos do doutorado; e
- e) o estabelecimento do programa comum de pesquisa, que resultou em dois eixos temáticos interligados: Desenvolvimento Local e Conforto Ambiental (no qual se insere este estudo) e Políticas Públicas.

A construção do trabalho individual baseada na discussão em conjunto e na bibliografia referente ao trabalho específico, compreendeu a definição do objeto de estudo, a elaboração dos objetivos de pesquisa e a definição do recorte espacial, considerando as possíveis interações entre as teses. O processo coletivo vivenciado proporcionou uma ampliação do olhar: a pesquisa sobre o Conforto Ambiental no

ambiente urbano assumiu uma configuração mais complexa. O trabalho busca caracterizar o clima intra-urbano a partir da correlação entre a Análise Espacial e a Análise Temporal e a avaliação do impacto do clima das diferentes paisagens urbanas sobre o conforto térmico dos moradores. Mas a sensação térmica e as possibilidades de se reagir a ela não são comuns a todos. Além das características pessoais que interferem na sensação de conforto, as condições e a qualidade de vida afetam a vulnerabilidade das pessoas frente aos rigores do clima. Isto conduz a uma visão crítica do desenvolvimento urbano de Curitiba, o qual se insere no processo de urbanização corporativa descrito por Milton Santos (1994), gerando espaços socialmente estratificados na cidade.

A partir dessas inquietações, foi construída a já mencionada questão que orienta o trabalho: o desenvolvimento urbano de Curitiba gerou uma grande diferenciação urbana. No que diz respeito ao conforto térmico, esta distribuição desigual induziu a uma intensificação da vulnerabilidade socioambiental em função das condições e da qualidade de vida?

Realizou-se o estudo da bibliografia referente aos ramos do conhecimento necessários ao desenvolvimento do tema (Climatologia Urbana, Conforto Térmico e Sociologia Urbana), visando à definição do objeto de estudo e à elaboração dos objetivos da pesquisa. Aprofundaram-se as leituras dos estudos brasileiros de Climatologia Urbana, sobretudo nos seus aspectos metodológicos e estratégias de abordagem.

## **II - PARTE: A Problemática Específica: Conforto Térmico no AU-RMC**

A metodologia individual se relaciona à coletiva de forma a não haver limites definidos: a concepção da problemática individual iniciada na I - Parte (coletiva) se mesclou à 1ª Etapa da II - Parte (individual) e se aprofundou.

Apesar de a denominação (I - Parte e II - Parte) ter a finalidade de organizar o trabalho, as duas partes não são necessariamente seqüenciais, pois coletivo e individual continuaram interagindo em momentos distintos durante a elaboração da tese, da mesma forma como o objeto do estudo e seu contexto.

### **1ª Etapa: Decisão e Controle**

Consiste na problematização do tema “Conforto Térmico no Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba”, na definição da hipótese, dos objetivos, na identificação do marco teórico e na delimitação dos recortes espacial e temporal.



- **Recorte Espacial**

A partir dos conhecimentos adquiridos na elaboração da I - Parte a respeito dos aspectos socioambientais urbanos da RMC e da problematização e da definição da hipótese do trabalho individual, verificou-se a necessidade de delimitar a área de estudos.

Uma vez que se pretendia investigar o Clima Urbano no AU-RMC, decidiu-se, devido a questões operacionais, delimitar o espaço contido em quatro das Cartas Topográficas do Estado Paraná na escala 1:50.000, (D IV-1; D IV-2; D I-3; D I-4), que abrangem a área urbanizada do município pólo e dos municípios vizinhos, ou seja, a quase totalidade do AU-RMC, conforme ilustra a Figura 1.6.

No caso de Curitiba, o Aglomerado Urbano abrange “12 dos atuais 26 municípios que formam a Região Metropolitana de Curitiba (RMC): Curitiba, Almirante Tamandaré, Araucária, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Campo Magro, Colombo, Fazenda Rio Grande, Pinhais, Piraquara, Quatro Barras e São José dos Pinhais” (FIRKOWSKI, 2002).

- **Recorte Temporal**

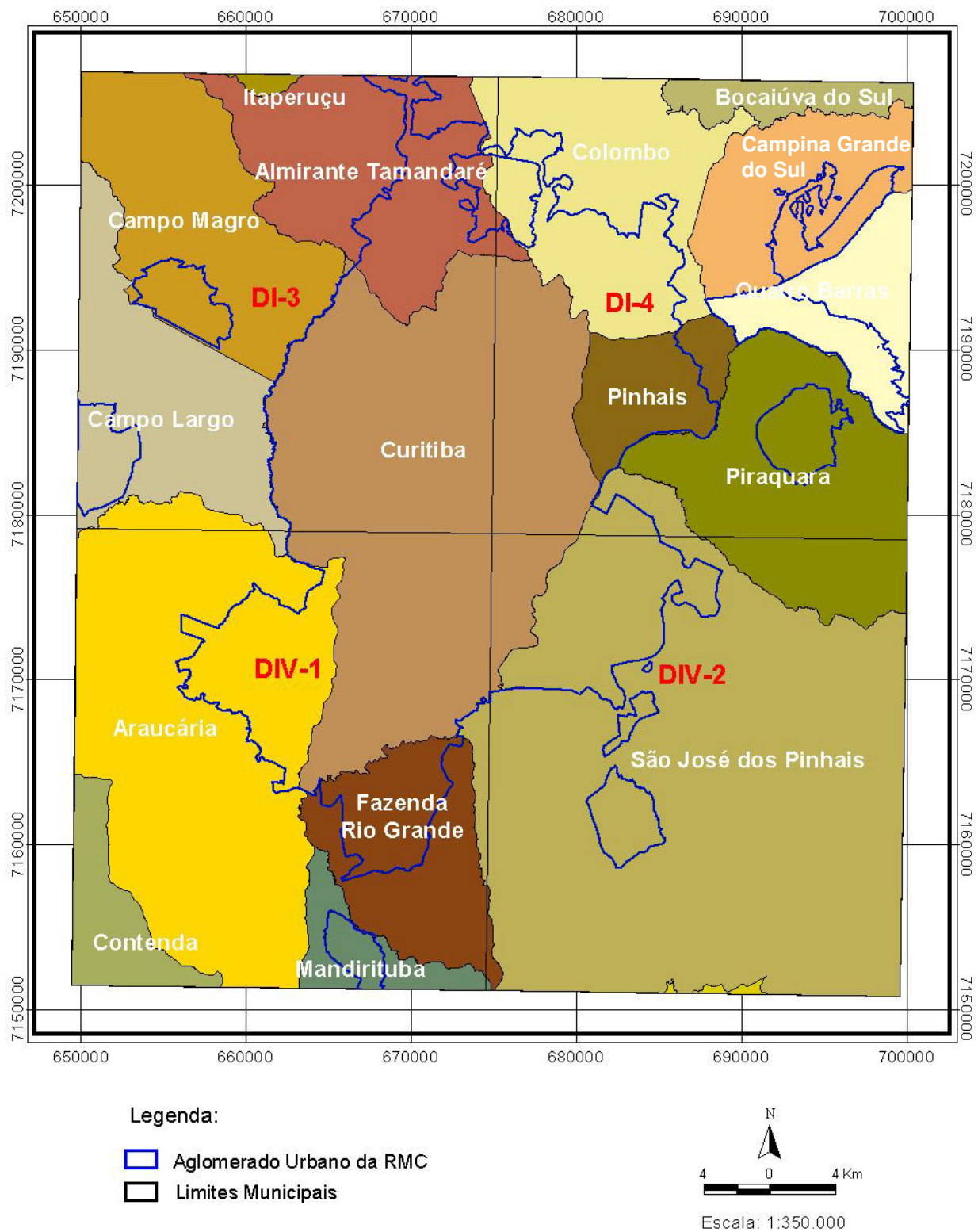
A definição do período a ser investigado foi consequência do estabelecimento da área física do estudo, de suas características climáticas e de suas condições de conforto térmico. Curitiba é considerada uma cidade úmida e fria, e com grande amplitude térmica diária e anual. Lamberts et al. (1997) em sua avaliação bioclimática para Curitiba a partir dos dados horários do Ano Climático de Referência (TRY – *Test Reference Year*), concluíram que somente 20% das horas do ano se encontram na faixa de conforto térmico<sup>18</sup> e 80% na faixa de desconforto, das quais somente 6,54% são de desconforto por calor e 73,2% das horas anuais em Curitiba são de desconforto por frio [grifo nosso].

Uma vez que o maior desconforto térmico em Curitiba é o desconforto por frio, tanto em relação à porcentagem das horas anuais, como em relação à intensidade do frio, estabeleceu-se o inverno de 2006 para o desenvolvimento do trabalho empírico e maior aprofundamento em um mês característico da estação.

---

<sup>18</sup> Lamberts et al. (1997) consideram os parâmetros definidos por Baruch Givoni em 1992 para países em desenvolvimento: a faixa de conforto térmico entre as temperaturas de 18° à 29°C; abaixo desta faixa, desconforto por frio; e acima, desconforto por calor. O Capítulo 2 da presente pesquisa traz uma discussão sobre os índices de conforto térmico utilizados por diversos autores.

FIGURA 1.6 – Aglomerado Urbano da RMC: área considerada na pesquisa



Base cartográfica: MINEROPAR, 2004  
 Concepção: Dumke, 2007; elaboração: Lohmann, 2007

## **2ª Etapa: Levantamento de Dados e Sistematização**

O levantamento e a sistematização dos dados referentes ao local de estudo constituíram-se de atividades que visaram à produção dos documentos básicos para fundamentar as duas análises fundamentais à pesquisa, a serem desenvolvidas na fase subsequente: a Análise Espacial, que abrange os elementos formadores do complexo urbano (os Subsistemas Natureza e Sociedade); e a Análise Temporal, que aborda as características da atmosfera Regional e Local, bem como as condições de conforto térmico no Topoclima (lugar).

A coleta de informações abrangeu fontes primárias e secundárias. As secundárias foram provenientes de dados meteorológicos, imagens de satélite, material histórico, estudos, levantamentos aerofotogramétricos, mapas e afins de instituições governamentais e não governamentais, das áreas de planejamento urbano, gestão ambiental e meteorologia, entre outras. As fontes primárias resultaram do trabalho de campo com a utilização de instrumentos e por meio da observação.

Visando-se ao registro histórico, realizou-se uma busca de reportagens nos jornais locais, relativa às dificuldades da população frente ao rigor do inverno curitibano e à situação atípica do inverno em 2006 – que já pode ser considerado um fato histórico devido às altas temperaturas e à baixa umidade relativa do ar. Para alguns, esta é uma situação eventual; para outros, pode ser o início de uma nova fase climática decorrente do processo de aquecimento climático do planeta, segundo apontam algumas pesquisas.

- **Análise Espacial**

Para a compreensão da realidade urbana, fundamental no estudo do clima e conforto térmico, Mendonça (1995) propõe a Análise Espacial: uma caracterização integrando o sítio, a estrutura, a configuração e a funcionalidade urbana, apoiada em uma documentação cartográfica detalhada e sua síntese. A cartografia básica compreende a elaboração de cartas relativas ao sítio natural e ao fato urbano, este representado pelas cartas de uso do solo. Na presente pesquisa, que tem por objetivo relacionar o clima ao conforto térmico e às condições de vida, tornou-se necessária a inclusão, na cartografia referente ao fato urbano, de cartas que representassem a distribuição socioespacial das habitações. A Análise Espacial, assim, desenvolveu-se em dois subsistemas inter-relacionados: o Subsistema

Natureza (o sítio urbano) e o Subsistema Sociedade (o fato urbano: a sociedade, suas características e seu produto, o construto urbano).

Após a consulta a diversos documentos e a observação direta, desenvolveram-se a sistematização e a análise prévia dos conhecimentos do local de estudo, incluindo suas características geográficas, o desenvolvimento urbano, bem como os aspectos sociais.

Neste estudo, a síntese espacial obtida pela compatibilização das informações sistematizadas pelas cartas da análise de ambos os Subsistemas que compõem o Ambiente Urbano resultou na sua compartimentação geográfica em áreas de características relativamente homogêneas. Isso permitiu a identificação prévia dos elementos de maior influência no conforto térmico dos moradores, incluindo-se as condições climáticas e as condições de vida. A Setorização do Ambiente Urbano orientou a definição dos locais a serem estudados mais detalhadamente e o estabelecimento dos pontos de monitoramento para o Levantamento de Campo, para a análise das condições de conforto térmico.

A Cartografia Básica para a Análise Espacial consistiu de:

- a) Subsistema Natureza: localização do sítio urbano na compartimentação topo-geomorfológica e Hipsometria na escala regional, Hipsometria na escala do sítio urbano, Declividades e Vertentes do Relevo, Orientação de vertentes do Relevo e Direção e Velocidade de Ventos de Superfície;
- b) Subsistema Sociedade: Uso do Solo e Distribuição Socioespacial das Habitações; e
- c) Síntese Espacial: Setorização do Ambiente Urbano e Definição dos Pontos para o Levantamento de Dados.

#### • **Análise Temporal** <sup>19</sup>

A Análise Temporal para o estudo do conforto térmico do AU-RMC inclui a compreensão da dinâmica atmosférica regional, visando à caracterização do clima regional, bem como ao conhecimento da dinâmica atmosférica do local e do lugar, com o objetivo de avaliar suas condições climáticas e de conforto térmico. O conhecimento do clima em suas diversas dimensões escalares e de sua inter-

---

<sup>19</sup> Embora o conforto térmico seja fruto de uma interação contínua entre as esferas do clima e do espaço natural e construído, que poderia ser analisada em sua evolução histórica, optou-se neste trabalho, por abordar a Análise Temporal especificamente em relação ao clima

relação fundamenta a identificação dos elementos de maior relevância na formação do clima do AU-RMC, suas variações locais e nos lugares específicos. A Análise Temporal, cujos procedimentos são detalhados no Capítulo 3 e 4, foi elaborada em duas fases:

- a) Levantamento em laboratório, composto de: documentação bibliográfica e cartográfica geral do clima regional e local, cartas sinóticas em escala zonal e regional, dados produzidos por Estações Meteorológicas e emprego de imagens de satélite;
- b) Levantamento de dados de campo, realizado por meio de um conjunto de equipamentos simples para medir a temperatura do ar [°C] e da umidade relativa do ar [%] pertencentes ao Laboratório de Climatologia da Universidade Federal do Paraná.

### **3ª Etapa: Análise dos Dados**

Síntese das características geográficas do fato urbano (sítio, forma, evolução, configuração, função, compartimentação etc.), das condições e de qualidade de vida, e do clima regional e urbano (cartas de isolinhas, perfis climáticos, termografia infravermelha etc.).

Correlação dos elementos formadores das condições climáticas e de conforto térmico da área de estudo. Identificação das relações de causa e efeito entre os elementos e de sua relevância na formação das condições de conforto térmico na cidade.

### **4ª Etapa: Considerações Finais, Recomendações**

Definição das características específicas das condições de conforto térmico intra-urbano, a partir da análise detalhada do contexto climático, tanto nos seus aspectos naturais, como nos derivados das atividades humanas e na distribuição socioespacial das habitações.

Avaliação do impacto das condições climáticas intra-urbanas em Curitiba sobre a qualidade de vida dos moradores, conforme a diversidade socioespacial das habitações, visando subsidiar o planejamento urbano e à melhoria nas condições de conforto térmico intra-urbano.

O ponto de partida do trabalho consiste na contextualização da sociedade contemporânea e suas relações com a natureza, tendo, como condutores do desenvolvimento, o paradigma científico e o modo de produção da sociedade.

A partir dessa perspectiva, o Capítulo 2 traz a fundamentação teórica da pesquisa, na compreensão do processo da urbanização e seus impactos socioambientais e se subdivide em quatro blocos:

O primeiro, busca a compreensão das relações entre a sociedade e a natureza nos diferentes períodos históricos, conforme as contingências e o pensamento dominante em cada época. Cada período, caracterizado por diferentes tipos de relações sociedade-natureza, se traduz na forma de organização das cidades e por suas relações sociais e interações com a natureza, em particular, com o clima. Este item visou, por meio da conexão da história fragmentada em diferentes campos de conhecimento, à construção de um esboço com a finalidade de contextualizar o momento atual sobre o qual se desenvolve esta tese. O segundo bloco enfocou o processo brasileiro de urbanização e a estratificação social urbana que resulta em condições e em qualidade de vida desiguais.

O terceiro bloco aborda o contexto histórico-geográfico do AU-RMC. Busca-se uma visão geral do processo de desenvolvimento da cidade em relação ao clima, desde as origens à configuração atual, considerando-se também a influência de aspectos do planejamento urbano de Curitiba<sup>20</sup>. A análise do uso do solo, da estrutura, da funcionalidade e da forma urbanas do AU-RMC visa, sobretudo, à compreensão da influência destes fatores na formação do clima intra-urbano.

O quarto bloco versa sobre a formação do clima urbano e suas abordagens, discute o conceito de conforto térmico e suas formas de avaliação, e aborda a adequação da cidade ao clima local visando à melhor qualidade de vida dos habitantes.

---

<sup>20</sup> Entre os diversos aspectos do planejamento urbano de Curitiba foram considerados em especial, mas não exclusivamente, os Eixos Estruturais, que conferiram a esta cidade, estrutura, configuração e funcionalidade urbanas específicas. Curitiba não se caracteriza por um CBD (*Central Business District* – Centro de Negócios) que corresponde ao conglomerado de edifícios comerciais no coração do centro das cidades americanas. Em Curitiba, o adensamento e a verticalização ocorrem ao longo dos Eixos Estruturais, os quais acumulam várias funções urbanas simultaneamente (ver item 2.3). O planejamento urbano, porém, ao menos até recentemente, não abrangia as cidades conurbadas à cidade pólo e que compõe o AU-RMC. Portanto, nesta tese, a análise não se restringe ao planejamento urbano, mas ao desenvolvimento urbano do AU-RMC como um todo, e sua interação com o clima.

O Capítulo 3 contempla as Análises Espacial e Temporal do AU-RMC, a partir da cartografia básica dos elementos naturais e construídos que formam o clima, bem como das condições e da qualidade de vida das pessoas mediante a distribuição socioespacial das habitações. Em interação com estes aspectos, caracteriza-se o clima local. Apresenta a compatibilização das informações, obtidas pelas cartas da análise, que resultou na setorização geral do ambiente urbano em áreas de características relativamente homogêneas, conduzindo à definição dos pontos de monitoramento.

O Capítulo 4 complementa a Análise Temporal, mediante a caracterização das condições atmosféricas do âmbito regional ao topoclima, considerando a inter-relação entre as escalas e a utilização de diversas técnicas. A sistematização e a análise dos dados obtidos por meio do levantamento de campo e dos dados das estações meteorológicas, bem como da termografia infravermelha de superfície, resultou na caracterização das condições climáticas intra-urbanas no AU-RMC.

No Capítulo 5, a partir da imbricação das análises Espacial e Temporal realizadas no ambiente urbano, caracteriza-se o conforto térmico relacionado às condições e qualidade de vida no AU-RMC.

Conclui-se o trabalho com a verificação da hipótese: tenta-se apresentar a existência ou não da relação entre a distribuição socioespacial em Curitiba e o clima intra-urbano na formação das condições de conforto térmico, de forma a intensificar a vulnerabilidade da população em função das condições de vida.

## 2 O MEIO AMBIENTE E A URBANIZAÇÃO

Nos últimos séculos, cada vez mais intensamente, o modo de produção capitalista, a ciência dominante, a evolução tecnológica e a comunicação entre as sociedades têm contribuído para o crescente distanciamento entre a sociedade e a natureza.

A cidade é a manifestação espacial mais expressiva dessa ruptura progressiva, representando a mais intensa transformação do meio natural. Tornou-se o lugar por excelência da realização humana, porém, onde ocorrem os maiores problemas socioambientais.

### 2.1 MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Na sociedade de classes, o conhecimento científico (de acesso restrito) é legitimado pela classe dominante, provocando uma suposta hierarquização de saberes, os quais seriam superiores ou inferiores a outros. Mais antigo que o *conhecimento científico*, o *conhecimento tácito* é adquirido por meio da experiência vivida no cotidiano de cada grupo, sedimentado pela utilização de diferentes técnicas e permeado por diversas culturas cumulativamente enriquecidas. Criando e compartilhando significados mediante a convivência, formam a essência da cultura, do conhecimento e da realidade concreta dos grupos.

A partir do século XVII, com a concepção do *cientificismo* de Descartes surge a ciência moderna que “é considerada o único conhecimento possível e o método da ciência o único válido, devendo ser estendido a toda atividade humana” (KRÜGER et al., 2000, p. 4).

Conforme Carvalho (1998, p. 90), com a Revolução Industrial, as grandes transformações econômicas, sociais e ideológicas mediante a industrialização, as inovações tecnológicas e a complexificação da sociedade, marcam a passagem da sociedade feudal para a sociedade capitalista. A lógica de produção passa a ser a criação ilimitada de necessidades e a expansão de mercados consumidores visando à ampliação do capital. Neste período, a grande aplicação do método científico nos processos de trabalho marca a transição da técnica para a tecnologia. Entre os



conflitos da nova sociedade capitalista está o dos trabalhadores com os proprietários de capital. Há também a dominação-subordinação entre povos, na qual a superioridade técnica é fundamental.

O fenômeno do desenvolvimento tecnológico marca profundamente o século XX. A tecnologia passa a ser considerada “como a única solução para os problemas de desenvolvimento das sociedades, sem que fatores como a dominação de grupos políticos ou a desigualdade entre os povos seja levada em consideração”, refletindo assim uma interpretação reducionista (CARVALHO, 1998, p. 90).

Na segunda Revolução Industrial, a automação elimina com êxito o trabalho humano na produção. Aparecem as primeiras sociedades tecnológicas com suas transformações aceleradas e radicais, nos aspectos sociais, econômicos e políticos, como a maior eficácia da informação, a aceleração do tempo, o encurtamento das distâncias, a queda das fronteiras econômicas entre as nações e o maior relacionamento entre as culturas. A globalização da economia, a formação do meio técnico-científico-informacional e a crescente tendência à reificação da tecnologia acarretam o domínio dos povos e a intensificação das desigualdades (KRÜGER, 2000). Neste contexto, a acelerada urbanização, amplia os conflitos entre a sociedade e a natureza.

A tecnologia de grande-escala exige o manejo de vultuosos recursos materiais e de energia e gera a poluição e a degradação da natureza. Os altos custos energéticos e econômicos necessários em sua aplicação favorecem a exclusão econômica, tornando o trabalho produtivo desumano e sem significado. Com as grandes organizações industriais, crescem a especialização e a desvalorização do trabalho. A concentração de pessoas nas cidades leva ao crescimento do individualismo, da criminalidade e da decadência dos valores tradicionais. Assim, a *tecnologia de grande-escala*, o *desenvolvimento* e a *ciência* tornam-se fontes de ambigüidade e de “racionalizações para manter e aprofundar condições de devastação ecológica e social”, “por causa do poder associado à interpretação hegemônica” (LACEY, 1998, p. 142).

De outro lado, também no século XX, acentuam-se as análises da crise da razão e surge o combate aos conceitos “absolutos” e a crítica à fragmentação do pensamento. Historicamente, a vida não se restringe à razão. As intuições, as emoções e as inspirações momentâneas foram importantes até mesmo nas grandes descobertas científicas (KRÜGER et al., 2000).

Segundo Lacey (1998, p. 144), a tradição da ciência moderna baseia-se em

dois ideais: o baconiano ou o “controle da natureza a serviço da humanidade”, e o cartesiano, que pode significar o “entendimento extensivo” ou o “entendimento completo” da realidade. O “conhecimento científico extensivo” (baseado em experimentos, tecnologias e na natureza, mas desprovido de características humanas, sociais e ecológicas) é utilizado pelo desenvolvimento modernizador. Envolve crescimento econômico, industrialização, transferência de tecnologia e “globalização” da economia, contribuindo com a perpetuação da dependência dos países pobres (LACEY, 1998; RATTNER, 1985).

Em contraposição, o “entendimento completo” (derivado da tradição aristotélica e que procura entender os fenômenos em todos os aspectos, inclusive os humanos, sociais e ecológicos) serve a um desenvolvimento com ênfase na geração de possibilidades de reversão do processo de empobrecimento e na integração do crescimento econômico das comunidades, compatível com a valorização das culturas locais e com valores como cooperação, direitos sociais, econômicos, autoconfiança, além do respeito à natureza. A busca do “entendimento completo”, integrando a crítica da produção à aplicação da ciência, deverá informar uma nova forma de desenvolvimento, fortalecida pelo diálogo de saberes, pelo respeito ao local, às tradições, ao popular e às diversidades (LACEY, 1998, p. 154).

A crise socioambiental é uma crise do desenvolvimento e da ciência que o informa, mas é também uma crise de percepção do mundo. Assim, o saber científico, em busca do “entendimento completo”, alia-se à filosofia na busca da “totalidade do real”, que a partir do *saber prático* (o saber-experiência, de Homero) e do *saber teórico* (na concepção de Pitágoras, no século VI a.C.: o saber de toda a verdade do Universo) visa à nossa harmonia com o Universo e conosco próprios (DELÉAGE, 2004).

“Outrora sozinha a pensar o global, a filosofia deixará de sonhar?”, questiona Michel Serres (1990, p. 18-19), observando a mobilização internacional iniciada com a Conferência de Toronto, em outubro de 1988, seguida de diversos eventos em favor de uma gestão comum do problema das mudanças climáticas:

Pela primeira vez, o Ocidente [...] terá começado a pensar na vida dos seus descendentes? Confinado desde há muito tempo no curto prazo, estará hoje a projetar a longo prazo? Mostrando-se, sobretudo analítica, a ciência considerará, pela primeira vez, um objeto na totalidade? Perante essa ameaça, poderiam as idéias ou as disciplinas científicas reunirem-se como as nações? (SERRES, 1990, p. 18-19)

### 2.1.1 A Cidade: Evolução e Rupturas

A questão ambiental que hoje nos ameaça nos leva a refletir a respeito da evolução das relações entre a sociedade e a natureza até a atualidade. Estas relações evidenciam três fases históricas seqüenciais e distintas: as fases anciã, moderna e contemporânea. O pensamento predominante moldado conforme as contingências de cada época reflete-se nas ações humanas, alterando o estágio em que a natureza se encontra e se materializando na construção do espaço pelos homens.

As cidades são, portanto, a expressão física das relações entre os homens e entre estes e a natureza, pois é na urbe que cada vez mais esse jogo de relações se evidencia. Assim, as relações socioambientais podem ser compreendidas a partir de exemplos de cidades representativos de cada período e revelam a história de crescentes conflitos. No entanto, a cidade deveria relacionar-se profundamente com seus usuários, com a sua cultura e com o local onde se insere. Na arquitetura da cidade, erudita ou vernácula, a ética é uma relação de respeito mútuo e de integração com a *physis*. Vivemos em um cosmos de sistemas inter-relacionados (CASARLADE, 1997).

Para Edith Deléage (2004), com base em Michael Foucault, as questões que cada um se coloca dependem da episteme na qual se encontram. A episteme é a configuração geral das práticas discursivas em uma determinada época, seu contexto histórico e a estrutura cultural que determinam as percepções, os métodos do pensamento e as idéias dominantes desta época.

Assim, na *episteme antiga*, domina a visão monista, naturalista, na qual a *physis* (natureza) é o todo, o Universo, uma só substância: o corpo e o espírito, o indivíduo e o grupo, o homem e os seres vivos. Nesta fase o conhecimento é matemático; a *episteme moderna* se distingue pela visão dualista, humanista. Há separação e hierarquia entre a substância material e a substância transcendente. O homem é uma substância pensante – criado por Deus e à sua imagem, tem como missão o domínio da natureza. A ciência, neste período, passa a ser experimental; e na *episteme contemporânea* tudo se relaciona, em forte reação à episteme moderna e à fragmentação do conhecimento, à degradação do meio, às feridas da Terra, aos

estragos feitos pelo homem. Questionam-se os direitos dos outros seres e o dos ecossistemas; domina a idéia das relações, da complexidade, que induz ao procedimento multidisciplinar.

As fases anciã, moderna e contemporânea correspondem à concepção de Milton Santos (1994, p. 35-36) em relação ao espaço geográfico: ao *meio natural*, que representa a fase histórica em que os homens valorizavam as condições naturais, colhiam da natureza apenas o indispensável para sua existência sem modificá-la significativamente; ao *meio técnico* a partir da mecanização do território nos séculos XVIII e XIX; e, ao *meio técnico-científico-informacional* que corresponde à época atual na qual há uma “interdependência da ciência e da técnica em todos os aspectos da vida social, situação que se verifica em todas as partes do mundo, em todos os países”. Nesta fase, a informação e a transformação do território para facilitar a circulação se tornaram essenciais nos processos de remodelação do espaço para a realização das produções hegemônicas (SANTOS, 1998, p. 123).

### **A Fase Anciã: as Origens**

Investigações históricas e descobertas da arqueologia e da antropologia revelam as formas urbanas como expressão da relação estrutural entre forças tecnológicas, sociais, simbólicas e naturais. Os estudiosos do significado da origem dos processos e formas das sociedades genuínas do passado acreditam que a variedade, a complexidade e o significado cultural das obras antigas que mais admiramos, são parcialmente o resultado da relação racional e sensível dos indivíduos com a natureza local e com o seu clima, uma relação que deveríamos buscar restabelecer (MARKUS e MORRIS, 1980).

No início, as comunidades nômades viviam totalmente integradas ao ecossistema. Mesmo temporárias, devido à mobilidade necessária, as cabanas ou tendas nômades e a organização do seu conjunto respondiam às condições climáticas locais (OLGYAY, 1963). Assim também, o *habitat* troglodítico, as cavernas nas regiões quentes e secas, amenizava as temperaturas extremas devido à alta inércia térmica do solo, além de proteger seus usuários dos ventos violentos e dos excessos de luz (IZARD e GUYOT, 1983).

Há cerca de 8.000 anos a.C., desencadeou-se uma lenta e importante transformação tecno-econômica – a primeira grande mudança das relações entre sociedade e natureza – da coleta de cereais selvagens e da caça, ao cultivo de cereais e à criação de gado. A economia neolítica tornou a comunidade auto-suficiente. Já em 5.000 a.C., a estrutura das sociedades se modificou da Mesopotâmia à Turquia, Grécia e Egito (LEROI-GOURHAN, 1964).

Com a sedentarização, a sobrevivência do grupo passou a depender do grão cultivado e de seu estoque e assim, surgiram as primeiras aldeias permanentes, totalmente dependentes do clima: uma seca, uma nevasca ou uma tempestade significava a fome. A agricultura exigia uma observação detalhada das estações do ano, das modificações provocadas no clima pela trajetória do Sol, cultuado como divindade. Grupos humanos de diferentes etnias adaptaram-se de maneira diversa a condições heterogêneas de clima e solos. A mesma luta contra elementos da natureza, que antes favorecia as aldeias neolíticas a permanecerem pequenas, agora exigia a união da coletividade, a fixação e o crescimento das aldeias. Depois de 2000 anos do aparecimento das aldeias, surgiram as primeiras cidades (GORDON, 1971).

A moradia, defesa contra climas hostis, tornou-se o meio mais favorável para o desenvolvimento do homem. Na busca das condições ideais para sua energia física e mental, destaca-se o conforto térmico obtido a partir de determinados limites de temperatura, vento, umidade relativa, frequência e intensidade de chuvas durante as estações do ano e variações moderadas de temperatura (OLGYAY, 1963).

A cidade aparece como um fenômeno geográfico, decorrente da relação do homem com o seu meio natural e devido às exigências da época. Baseada nas experiências transmitidas de geração em geração, adequando-se, ao longo dos séculos, às diversas regiões climáticas do globo, empregando matéria-prima e tecnologia apropriadas às comunidades locais: “Se o critério conservado fosse o grau de capacidade de vencer os meios geográficos mais hostis, não há dúvida de que, de um lado os esquimós e, de outro, os beduínos levariam a palma” (LÉVI-STRAUSS et al., 1970, p. 249). Assim, as expressões construtivas de forte caráter regional são as que possuem estreita relação com a natureza de seu entorno, resultado de uma urgente necessidade biológica.

Representando este período, a aldeia dos índios de Pueblo Bonito foi construída entre os anos 919 e 1180 d.C., chegando a abrigar 1.200 habitantes em

Mesa Verde, numa região árida no Novo México. As moradias foram construídas com paredes de pedra ou barro, escalonadas, formando um semicírculo de quatro pisos em torno de um pátio comum de cerca de 160 metros de diâmetro e que se volta para a trajetória diária do Sol, reverenciado como divindade. Baseada na orientação dos ventos e na posição do Sol durante o ano, a aldeia se situa numa enorme encosta que a protege dos ventos frios do inverno e da radiação solar direta no verão quente e seco, mas permite a incidência do Sol na estação fria. Intuitivamente ou não, esses índios utilizaram com eficiência nas suas construções os princípios de geometria solar, de ventilação, de transmitância e de inércia térmica dos materiais, garantindo o conforto térmico (para todos) o ano inteiro. O conjunto se integra à paisagem mantendo uma relação visual de cor e forma com a orografia do terreno. A complexidade da arquitetura comunitária da aldeia expressa uma vida social altamente organizada. Os vínculos da cultura com seu entorno evidenciam os princípios da religião *pueblo*, em que natureza, homens e deuses são interdependentes e compõem um universo harmonioso (ROMERO, 2000, p. 56-60; WATSON, 1985).

Para Olgyay (1963, p. 8), mais do que a origem étnica ou a cultura dos povos, o fator determinante das formas de construir foi a adaptação aos meios naturais na busca constante de melhores condições de conforto térmico.

De outro lado, os processos de intercâmbio cultural, as trocas das experiências vividas no cotidiano mediante a acumulação cultural contínua no decorrer dos séculos, por meio do comércio, das guerras, do domínio de umas sociedades sobre outras, colaboraram para a disseminação das formas de construir e de morar. A essência da cultura, do conhecimento e da realidade concreta dos grupos se formou por meio da criação e do compartilhar de novos significados.

Deste modo, conforme Lefebvre (1991, p. 9), as cidades anteriores à industrialização são as formas urbanas “mais belas”, são obras da civilização e, portanto, associadas ao “valor de uso”, ao espaço da interação: o lugar onde as pessoas vão viver, embora representem distintos modos de produção. Em contraposição, a cidade capitalista se caracteriza como *produto*, pois “o valor de troca e a generalização da mercadoria pela industrialização tendem a destruir, ao subordiná-las a si, a cidade e a realidade urbana”.

### **A Segunda Fase: a Modernidade**

Nos séculos XV e XVI, conforme Edith Deléage (2004), alguns acontecimentos moldam as três características da modernidade: a Revolução Cosmológica de Copérnico, em 1543; o Utopismo, de Thomas More, em 1516; e, a Ciência Moderna de Bacon, em torno de 1620, que se torna operatória, indutiva e experimental. Na modernidade de Descartes, Copérnico, Bruno, Galileu, Moore e Bacon, a idéia de que “a ciência permite que sejamos mestres e possuidores da natureza” é acompanhada da angústia da infinitude do mundo, ilustrada por John Donne. A nova filosofia tornou tudo incerto: o Sol está perdido, a Terra também. O Universo é agora homogêneo: não há mais em cima ou em baixo, nem centro, já que não há limites. Não há mais ponto fixo no cosmos. O único referencial é o homem. Há no Universo, duas coisas: a substância pensante e a outra. O homem é aquele que por ser substância pensante pode se tornar mestre e possuidor da natureza.

Desde o século XVIII, fascinado com as promessas do progresso e da modernidade, o pensamento iluminista visava desenvolver a ciência objetiva e universal, que não hesitava em romper com as condições históricas precedentes e que, além disso, promoveu todo um processo de fragmentações do conhecimento, como se cada campo fosse independente do todo (HARVEY, 1992, p. 23):

O domínio científico da natureza prometia liberdade da escassez da necessidade e da arbitrariedade das calamidades naturais. O desenvolvimento de formas racionais de reorganização social e dos modos racionais de pensamento prometia a libertação das irracionalidades do mito, da religião, da superstição, libertação do uso arbitrário do poder [...]. Somente por meio de tal projeto poderiam as qualidades universais, eternas e imutáveis de toda a humanidade ser reveladas [...] Abundavam doutrinas de igualdade, liberdade, fé na inteligência humana e razão universal.

Consequência dessas idéias, dos avanços na ciência e na técnica e da conjuntura socioeconômica, em meados do século XVIII, surge a Revolução Industrial que consistiu na segunda grande mudança das relações entre sociedade e natureza. As novas formas de produção e de apropriação do espaço pelo homem, bem como o processo de industrialização, aceleraram o processo de urbanização. Com a evolução do capitalismo, o desenvolvimento científico e a globalização, intensificou-se a utilização dos recursos naturais. As fontes de energia renováveis

até então utilizadas foram substituídas por recursos fósseis em grande escala e pela energia elétrica. A indústria moderna associada à tecnologia afetou as relações do homem com a natureza como um todo (SCHUSSEL, 2004).

Conforme Lefebvre (1991), a industrialização tornou-se o indutor das transformações urbanas e de uma urbanização sem precedentes. Simultânea ao capitalismo concorrencial, a industrialização caracterizou a nossa época, modificando a sociedade moderna de tal maneira que esta passou a se chamar “sociedade industrial” ou “sociedade urbana”. A cidade passou a representar o *produto* e não mais a *obra*, associando-se ao valor de *troca* e não mais o de *uso*, pressupondo a crise do sistema urbano pré-existente.

Com o desenvolvimento comercial, o acelerado aumento da população e a falta de saneamento, agravaram-se as condições de degradação e de insalubridade na cidade europeia dos séculos XVIII e XIX, na qual, em meio à desorganização e à sujeira, se mesclavam os miseráveis, a burguesia emergente e a arquitetura monumental, enquanto os nobres e os ricos se isolavam em locais privilegiados.

No século XIX, com a intensificação da Revolução Industrial na Europa e nos Estados Unidos, ampliou-se a poluição atmosférica nas cidades industriais e ao redor delas. A concentração das populações rurais atraídas à cidade para suprir a enorme demanda de mão de obra acentuou as desigualdades entre as classes sociais, acarretando a perda da qualidade de vida. Os problemas decorrentes do expressivo aumento da população e da degradação do ambiente exigiram a reformulação urbana.

Neste cenário, a luta de classes teve importante papel na transformação das cidades. O “urbanismo” do Barão de Haussman, na Paris dos anos 1860, expulsou o proletariado do centro da cidade, relegando-o à periferia e devolvendo o centro às classes mais abastadas, ameaçadas em seus privilégios pela democracia urbana. Onde havia vielas cheias de vida passaram a existir longas avenidas, substituindo “os bairros sórdidos mas animados por bairros aburguesados”. Ao mesmo tempo que Haussman abriu Paris à circulação, criou os espaços vazios que, ao invés de objetivos estéticos, visavam à vigilância e ao domínio, à exibição do poder, à opressão e à ameaça – mais tarde se justificaram as mudanças maquiando os objetivos iniciais (LEFEBVRE, 1991, p. 15).



Em 1871, Paris foi reconquistada pelos operários antes relegados aos subúrbios. Porém, no final do século XIX, sob a pressão da industrialização, os objetivos de Haussmann foram alcançados por uma nova estratégia de classe. Isolando a função “habitar” do conceito mais amplo de *habitat*, os “notáveis” isolaram a moradia dos operários nos subúrbios: “consideravam como benefício colocar os operários numa hierarquia bem distinta daquela das propriedades e dos proprietários, das casas e dos bairros [...] Assim, imaginaram, com o *habitat*, a ascensão à propriedade” (LEFEBVRE, 1991, p. 17).

A reformulação de Paris de Haussmann nos anos 1860 seria uma primeira versão da “destruição criativa”, condição essencial da modernidade e um de seus grandes dilemas, na busca da definição da essência da humanidade, da “arte pela arte” (HARVEY, 1992, p. 26-44).

No começo do século XX, evidenciou-se o efeito da escala na arquitetura e no urbanismo, consequência das inovações tecnológicas que revolucionaram os métodos e o modo de produção. Os novos materiais e técnicas e a invenção dos elevadores possibilitaram a construção de edifícios altos, reduzindo ainda mais o convívio do homem com o ambiente externo. Os blocos sombreavam quase permanentemente grandes extensões de solo entre eles. Devido à sua maior superfície, os edifícios recebiam e refletiam substanciais ganhos de calor solar, interferindo no regime de ventos e alterando o clima ao redor de sua base (MARKUS e MORRIS, 1980). A envoltória do edifício passou a ter outros significados (estéticos e conceituais), deixando de ser elaborada de modo a interagir com os elementos do clima. O edifício, concebido em função de sua “planta geradora”, desenvolveu-se como uma escultura isolada do entorno, causando o colapso urbano atual: “por causa da ênfase dada à organização interna do edifício e à sua função específica, se desviou a atenção dos espaços exteriores que o circundam” (STEADMAN, 1978, p. 17-18).

A tecnologia e a forma dominaram o Estilo Internacional – termo que denota a falta de atenção às características naturais e culturais do local e a experiência acumulada durante séculos. Soluções encontradas no Hemisfério Norte foram indiscriminadamente implantadas no Hemisfério Sul, sem que fossem estudadas as condições para sua necessária adaptação a cada novo meio. A cidade perdeu seu caráter regional, não considerando os efeitos do clima sobre o conforto humano e requerendo grande quantidade de energia (então abundante e de baixo custo) para condicionar artificialmente os ambientes interiores. A desconsideração dos elementos

do clima gerou espaços urbanos desconfortáveis, prejudicando a saúde e o desempenho das pessoas, em nome de uma nova estética. O Estilo Internacional e, do mesmo modo, a política e o comércio internacionais eram justificados como “agentes do ‘processo de modernização’ num Terceiro Mundo atrasado” (HARVEY, 1992).

De acordo com Jean-Paul Deléage (2002), a primeira parte do século XX, a continuidade da Revolução Industrial, com a exploração maciça do carvão, o uso da máquina a vapor e da rede ferroviária, é acompanhada de uma mudança de ritmo do desenvolvimento urbano, simultânea à primeira sociedade de consumo de massa, na Grã Bretanha. Em 1914, milhões de toneladas de carvão extraídos do subsolo britânico multiplicaram a energia disponível, representando uma ruptura inimaginável com a natureza. A contrapartida ambiental foi a piora significativa das condições de vida, devido às novas formas de poluição ao redor e no centro dos aglomerados urbanos. Os motores à explosão e elétricos e o desenvolvimento da química afetaram o mundo industrializado, levando a uma aceleração fulminante na Primeira Guerra Mundial (a outra parte do mundo só seria afetada na segunda metade do século XX).

Para o mesmo autor, a Revolução de Outubro de 1917 dividiu o mundo em dois (até a queda do muro de Berlim, em 1989) e significou, além da ruptura política, a dos sistemas de produção e consumo, da sociedade e da natureza. Embora opostas, as duas políticas foram desastrosas para o meio ambiente. Na União Soviética, grandes erros com grandes custos representaram o desastre social, ecológico e político. Nos Estados Unidos, centro capital e financeiro do mundo capitalista, tudo visava à produção de baixo custo, ao consumo em massa sem preocupação com o alto custo ambiental. A indústria fordista era baseada na economia de escala, no consumo de grandes quantidades de recursos naturais, além de ser geradora de poluição e de degradação do ambiente. Entre as décadas de 1920 e 1970, os grandes complexos industriais do período fordista originaram as primeiras grandes cidades em diversos países.

Desta forma, a cidade do século XX é a cidade do capital (valor de troca), a cidade funcional que rompeu com o antigo para ser moderna. A cidade da modernidade expressava o modo de produção do fordismo, em que todos são iguais. O homem dessa cidade não é o que dialoga, mas o homem que trabalha. Esta cidade se contrapõe à anterior, que era o espaço da interação, o lugar onde as pessoas viviam (valor de uso) (LEFEBRE, 1991).

O modernismo surgido antes da Primeira Guerra Mundial era um encantamento com as novas possibilidades e técnicas, com a velocidade e o movimento, a máquina e o sistema fabril, os novos produtos, as novas condições de urbanização, sistemas de transporte e de comunicações. O modernismo era também um fenômeno urbano, uma arte das cidades. Uma reação à profunda crise do ambiente urbano, devido ao explosivo crescimento populacional, à industrialização, ao empobrecimento e à desorganização das cidades, demandando a sua reorganização maciça e o enfrentamento dos problemas técnicos, organizacionais, sociais e políticos inerentes. Era também a ansiedade pela incrível diversidade de experiências e de estímulos oferecidos pela vida urbana moderna. Neste sentido, haveria uma estreita relação entre a reformulação urbana de Paris de Haussmann com as propostas utopistas: a 'Cidade-Jardim' de Ebenezer Howard em 1898, a 'Cidade Branca' de Daniel Burnham em 1893 e 1907, da 'Cidade Industrial Linear' de Garnier em 1903, com as concepções urbanas de Le Corbusier em 1924 e de Frank Lloyd Wright em 1935, e com a renovação urbana no alto modernismo dos anos 50 e 60 (HARVEY, 1992, p. 26-44).

As teorias que orientaram o urbanismo moderno internacional foram estabelecidas pelo *Congress of International Modern Architects* (CIAM), entre 1928 e 1956. Embasada na Carta de Atenas de 1933, a prática do urbanismo seguiu uma rígida separação das funções urbanas: "habitar, trabalhar, locomover-se e cultivar o corpo e o espírito" e a sua estruturação hierárquica no espaço, por meio do zoneamento territorial urbano. Estas idéias foram adotadas na década de 1940 no plano para Curitiba de autoria do arquiteto e urbanista francês, Alfred Agache.

Como cidade representativa do modernismo na arquitetura, Brasília é vista como a cidade-monumento por alguns, mas para outros é o espaço de segregação e de autoritarismo. Planejada por Lucio Costa, seguindo os princípios do movimento moderno, Brasília caracteriza-se pelas formas puras e geométricas, assentadas sobre a simetria de dois eixos perpendiculares que definem o zoneamento urbano. O eixo rodoviário sentido Norte-Sul, onde 60 superquadras constituem blocos de habitações sobre pilotis liberando o solo ao público; e o eixo Monumental, no sentido Leste-Oeste, onde se localizam os edifícios públicos que visavam à democratização da paisagem urbana.

A cidade é um conjunto de vias expressas que privilegia o transporte individual, visando ao descongestionamento do espaço para permitir o desenvolvimento. O zoneamento rígido das funções urbanas faz com que cada atividade tenha seu lugar específico: na ausência dessa atividade, o espaço permanece vazio. Brasília é mais

uma paisagem de objetos, não de lugares. A população cresceu além do que o plano poderia prever e, assim, o conjunto monumental dos edifícios está em franca contradição com a escassa qualidade de vida nas periferias. Paralela à cidade dos urbanistas, a cidade marginal assume a expressão popular (ROMERO, 2001).

Acreditava-se no progresso linear, nas verdades absolutas e no planejamento racional de ordens sociais. Portanto, o modernismo era positivista, tecnocêntrico e racionalista, ao mesmo tempo que era imposto como a obra de uma elite intelectual (HARVEY, 1992, p. 19).

Representando a idéia da superioridade do homem, a cidade moderna se caracterizou por uma arquitetura racionalista, refletindo o pensamento dominante no período. No entanto, se revelou artificial e impessoal, destituída do sentido de lugar, distanciada das pessoas. A homogeneização das soluções em todo o mundo desconsiderou a natureza. O domínio do homem por meio da técnica transformou o sítio, a topografia e o clima locais, estabeleceu a cidade conforme seus desígnios, ignorando os impactos socioambientais decorrentes da urbanização.

### **A Terceira Fase: Contemporânea**

Para Deléage (2002), vivemos um momento histórico particular e perturbador das condições socioambientais. Após a convivência de milênios, ao longo do século XX, acelerações excepcionais afetaram a evolução das relações entre a humanidade e o meio natural: há uma ruptura na escala, um crescimento demográfico sem precedentes. Os anos 1918 e 1945 marcam momentos políticos e também a história do meio ambiente, pois a Segunda Guerra Mundial significou uma enorme aceleração e ruptura; em 1945, Hiroshima e Nagasaki constituem um novo limiar – a humanidade na era nuclear. Trata-se da sobrevivência da humanidade.

A ilusão de que a ciência promoveria o controle das forças da natureza e todo o tipo de benefícios para atingir a felicidade dos homens ruiu ainda no século XX, com os campos de concentração, as guerras mundiais e com as bombas de Hiroshima e Nagasaki. Estaria o projeto do Iluminismo fadado a voltar-se contra si mesmo e transformar a busca da emancipação humana num sistema de opressão universal? Para a Escola de Frankfurt, a lógica oculta do pensamento racionalista era a lógica da dominação e da opressão (HARVEY, 1992, p. 24).

Segundo Marcuse (apud HABERMAS, 1993. p.49), a Escola de Frankfurt afirma que na medida em que a razão instrumental é a razão bárbara (que conduz a

descivilização), a razão filosófica não pode deixar de ser ética. A teoria crítica evidencia que a nossa sociedade é regida por uma razão instrumental: a razão tecno-científica, que orienta o saber para o fazer, o transformar. Estamos numa era tecnológica. *Techné*, em grego significa *saber-fazer*, o que se opõe à teoria *saber-saber*. Toda a nossa sociedade contemporânea é dominada pela razão instrumental, uma razão bárbara. A civilização, que se tornou bárbara, obriga a construir uma ética.

Nos anos 60, surgiram vários movimentos contra-culturais e antimodernistas, opondo-se à opressão da “racionalidade técnico-burocrática de base científica manifesta nas formas corporativas estatais monolíticas”. Esta intensa mobilização originou o pós-modernismo (HARVEY, 1992, p. 44):

Foi quase como se as pretensões universais de modernidade tivessem, quando combinadas com o capitalismo liberal e o imperialismo, um sucesso tão grande que fornecessem um fundamento material e político para um movimento de resistência cosmopolita, transnacional, e portanto, global, à hegemonia da alta cultura modernista. [...] Em algum ponto entre 1968 e 1972, portanto, vemos o pós-modernismo emergir como um movimento maduro, embora ainda incoerente, a partir da crisálida do movimento antimoderno dos anos 60.

Reação à “monotonia do modernismo universal”, identificado com a padronização e a produção em série, a desconfiança dos discursos universais totalizantes e um sentimento de libertação do “pesadelo do modernismo com sua razão manipuladora”, associado à ideologia oficial, ao poder corporativo e ao imperialismo cultural, o pós-modernismo privilegia o pluralismo, a heterogeneidade de estilos, a diferença cultural, a fragmentação, a indeterminação (HARVEY, 1992, p. 19).

O planejamento urbano modernista, caracterizado pelo zoneamento monofuncional, passou a ser visto como antiecológico, desperdiçador de tempo, energia e espaço, a verdadeira expressão da “pobreza simbólica da arquitetura e da paisagem urbanas”, por suas “invariáveis superconcentrações horizontais ou verticais de um mesmo uso” e a “circulação de pessoas por artérias artificiais”.

Em contrapartida, a boa cidade, a cidade ecológica, deveria ter todas as funções urbanas disponíveis em distâncias que possam ser percorridas a pé, formando “comunidades completas e finitas” e compondo “cidades no interior de uma cidade”. Uma forma urbana que só poderia crescer por multiplicação, não por extensão. A cidade deveria recuperar a “riqueza simbólica das formas urbanas

tradicionais”, por meio da restauração do tecido urbano e da reabilitação dos espaços para novos usos ou pela criação de novos espaços utilizando os avanços tecnológicos disponíveis (HARVEY, 1992, p. 70).

Harvey (1992, p. 77) contrapõe, assim, a concepção da hipermodernidade, do capitalismo-fordismo que pretendia homogeneizar o mundo, à cidade pós-moderna, que resgata o antigo num “palimpsesto de formas e funções”. A cidade contemporânea é extremamente complexa. Ao derrubar as fronteiras do espaço e do tempo, as tecnologias contemporâneas de comunicação e transporte teriam promovido uma maior liberdade, trazendo à arquitetura pós-moderna um novo internacionalismo e, ainda assim, permitindo “fortes diferenciações internas em cidades e sociedades baseadas no lugar, na função e no interesse social”.

No entanto, a crítica que mais tarde se formou é que a cidade pós-moderna, ao simplesmente atender às demandas do mercado, serve a funções ideológicas, pois contribui para a reprodução e a perpetuação da ordem estabelecida e da dominação. Isso, pois “encerra as classes médias nos espaços fechados e protegidos dos *shoppings* e átrios, mas nada faz pelos pobres, exceto ejeta-los para uma nova e bem tenebrosa paisagem pós-moderna de falta de habitação” (HARVEY, 1992, p. 79). Além disso, ao atenderem os ricos e às suas preferências, os planejadores enfatizaram ainda mais as diferenciações urbanas, reforçando a produção do que Bourdieu chama de “capital simbólico”, que, por distinguir as classes sociais, acaba por se transformar em “capital-dinheiro” e por reproduzir as práticas da acumulação de capital.

Para Carlos (2004, p. 21), “é na segunda metade do século XX que o espaço, as cidades aparecem como problemas”, quando o capitalismo tomou o espaço simbólico (social e político) da cidade histórica, transformando-o em real e operacional, em elemento fundamental de dominação. A generalização da produção e do consumo produziu a fragmentação do espaço e da realidade. O espaço, reduzido e transformado em um produto, reproduzindo as relações de produção, contribui para a sua consolidação. A urbanização exacerbada pela industrialização produz espaços destituídos do sentido de lugar. A homogeneização requerida pelos processos de produção-reprodução e pela mundialização destrói a historicidade dos centros urbanos, as referências que conferem identidade e memória “o sentido da cidade é aquele conferido pelo uso, isto é, os modos de apropriação do ser humano para a produção de sua vida” (CARLOS, 2004, p. 22).

Conforme Lefebvre (1991, p. 10), a indústria produziu suas próprias cidades com dimensões que variam de pequenas a gigantescas, demonstrando a complexidade dos efeitos da industrialização. Há cidades submersas pela industrialização, outras de ampliação maciça da cidade e urbanização quase sem industrialização, como em várias cidades nos países do Sul, cercadas por favelas devido ao êxodo rural, resultante da chamada revolução verde na agricultura que levou as antigas estruturas agrárias ao desaparecimento em função da competição internacional. Mas também nos países do Norte, a indústria produziu espaços de segregação: no padrão de ocupação dos territórios industriais da Europa, os operários moram nos vales; os de médio escalão, no meio da encosta. Os empresários moram nos cumes das montanhas onde não há poluição.

As conseqüências das inovações tecnológicas e da industrialização extrapolam o mundo desenvolvido: a China passa a ser considerada a grande fábrica do mundo; a Índia o escritório; Brasil o celeiro. Houve um intenso processo de globalização da economia com desigualdades crescentes. Fora da América Norte e da Europa, as sociedades que não contam com combustível começam a utilizar seu capital ecológico.

Para Deléage (2002), o acidente de Chernobyl, em 1986, representa outro marco na história do meio ambiente. Estamos confrontados com a formação de uma nova humanidade: a modificação das relações da humanidade com seu planeta. Há enormes conseqüências científicas e políticas da catástrofe sobre a natureza e sobre a cultura. O mundo comunista ruiu apenas alguns meses após o acidente. Porém, a humanidade continua submetida ao imperativo econômico e esquece do social, bem como da natureza, mediante a “aceitabilidade do risco”.

Hardt e Negri (2001) afirmam que o capitalismo exacerbado tem se expandido no sentido de uma nova ordem política da globalização – o Império. O entendimento do alcance dessa ordem universal sem limites altera profundamente a compreensão das transformações econômicas, culturais e políticas contemporâneas. A passagem da soberania moderna, do Estado-nação com o seu poder central sobre o território, para a soberania pós-moderna, de fronteiras flexíveis, representa uma radical transformação filosófica da política moderna. A sociedade contemporânea se caracteriza pelos regimes de exploração e controle próprios da ordem mundial emergente: a soberania capitalista, a sociedade global de controle, as redes de poder, as corporações transnacionais, a informatização, a crescente predominância das formas pós-industriais de trabalho e de produção.

Para Boaventura Santos (2000, p. 17), as desigualdades e a exclusão social, o autoritarismo e a opressão inerentes ao desenvolvimento capitalista, agravaram-se de forma significativa a partir da década de 1980. As assimetrias sociais aumentaram no interior de cada país e, mais ainda, entre os países do Norte e os do Sul. De outro lado, no mesmo período, ocorreram avanços surpreendentes no campo da participação social e política dos cidadãos e dos grupos sociais, com o desenvolvimento da democracia, o fim do comunismo autoritário e do *apartheid*.

Os diversos movimentos ambientais que apareceram no final do século XX coincidem aproximadamente com a queda do muro de Berlim, em 1989, e os eventos ecológicos, com a entrada do século XXI: há uma nova ecologia mundial a partir da Conferência de RIO-1992 (DELÉAGE, 2002).

Neste contexto, situa-se o pensamento contemporâneo, que conforme Deléage (2004), tem por características: “o desencantamento do mundo” (Weber); “o apagamento do homem” (Foucault), a crise das ciências europeias; “a razão bárbara” (Adorno e Habermas); “o pós-modernismo” (Lyotard); a morte da religião (Nietzsche).

A intensificação do capitalismo ocidental e seu impacto socioambiental são apontados entre as principais causas da crise ambiental sem precedentes que ocorre na atualidade, “na qual destacam-se, entre outros, o aquecimento da atmosfera, o crescimento em número e intensidade das catástrofes naturais, a diminuição da biodiversidade e a aparição de novas doenças” (SCHUSSEL, 2004, p. 58-59). A fase contemporânea corresponde à terceira grande mudança nas relações entre a sociedade e a natureza. A revolução da tecnologia da informação e na globalização da economia resulta na intensificação das desigualdades, na aceleração do tempo e na modificação da lógica da localização espacial das atividades econômicas, acarretando a reconfiguração socioespacial das cidades.

Surge, assim, uma configuração urbana muito mais complexa do que a anterior, que se caracterizava com uma graduação de densidades entre centro e periferia. A nova cidade, globalizada, mesmo que de forma diferenciada conforme seu contexto histórico, reflete as profundas alterações da alta modernidade.

Para Soja (2000), a Metrópole Moderna, na qual o “coração da cidade” concentrava as mais importantes atividades urbanas em oposição à extensa periferia suburbana, era característica do modo de produção do fordismo. O modo de acumulação



flexível modificou a lógica da localização das indústrias organizadas em complexos de produção, demandando novos territórios externos ao centro, num movimento simultâneo de dispersão espacial dos aglomerados urbanos e de integração global.

O modelo neoliberal a partir da década de 1980 provocou um conjunto de mudanças estruturais na economia dos países em desenvolvimento, visando ao restabelecimento de sua competitividade e crescimento. Tais mudanças se traduziram no avanço da “reestruturação-informacionalização-globalização” nas principais áreas metropolitanas desses países, que passaram a sediar os nós das empresas em rede e globalizadas, impulsionando a transformação da base econômica metropolitana e impondo um novo tipo de cidade (MATTOS, 2004, p. 157-196).

As transformações urbanas nas áreas metropolitanas a partir desta reestruturação constituíram a desintegração dos processos econômicos desenvolvidos nacionalmente e sua re-integração organizacional por meio de empresas em redes produtivas transfronteiriças, formando “um espaço mundial de acumulação”. Neste, as empresas realizam o “comércio internacional [...], o investimento direto produtivo no exterior e sua própria organização produtiva em rede” (MATTOS, 2004, p. 160).

Assim, a economia global é gerenciada por centros de decisão que coordenam as atividades de empresas estruturadas em redes globais. As atividades de serviços avançados, setor mais dinâmico nas principais áreas metropolitanas, apresentam uma nova lógica de localização espacial caracterizada pela concentração e dispersão não excludentes e pela interligação por meio de uma rede de fluxos. Os níveis superiores desta rede concentram-se em alguns nós de alguns países: “Esta concentração segue um modelo hierárquico entre centros urbanos, com uma concentração das funções de categorias mais importantes, em termos de qualificação, poder e capital, nas principais áreas metropolitanas do mundo” (BORJA e CASTELLS, 1997, p. 36-37).

Considerando-se critérios econômicos, políticos e espaciais, distinguem-se no Brasil, as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro como Metrôpoles Globais, Curitiba, Porto Alegre, Brasília, Belo Horizonte como exemplos de Metrôpoles Nacionais, e entre outras, Londrina e Maringá como Metrôpoles Regionais.

Como resultado da nova configuração das empresas em rede, surgem significativas alterações na conformação social e territorial urbana: a dispersão territorial intrametropolitana das atividades produtivas, a maior polarização e

segregação social, ao mesmo tempo que uma intensificação da expansão metropolitana, levando à suburbanização, à periurbanização e ao policentrismo, de novas dimensões e características. A aglomeração torna-se difusa, com limites cada vez menos definidos. A paisagem urbana se modifica: os novos equipamentos urbanos trazidos pela globalização alteram a estrutura e a dinâmica metropolitana e contribuem para o policentrismo (MATTOS, 2004, p. 157-196). Para Borja e Castells (1997, p. 42), “o significado do processo espacial descrito não é nem a concentração nem a dispersão de atividades, senão a relação entre ambas as tendências”

Conforme Lefebvre (1991, p. 10), o processo induzido de “implosão-explosão” da metrópole tem se aprofundado. Há casos em que o tecido urbano (comparado pelo autor a um Ecossistema) se adensa e se estende por uma grande superfície de territórios pertencentes a diversos países industrializados, transpondo fronteiras nacionais, como a grande Megalópole da Europa que “vai do Ruhr<sup>1</sup> ao mar e mesmo às cidades inglesas, e da região parisiense aos países escandinavos” (LEFEBVRE, 1991, p. 15-16). Localmente diversificado, o tecido urbano amplia a divisão do trabalho técnica e socialmente. As densidades das gigantescas concentrações urbanas se tornam inquietantes, bem como a degradação ou a explosão dos núcleos urbanos antigos. A população se desloca para a periferia residencial ou produtiva alterando o padrão de ocupação do centro urbano, que muda de função (residencial para comercial), ou se torna um local de exclusão, deixado para as pessoas desfavorecidas ou ocupado pelas classes abastadas.

Mas a “rede” da cidade global tem malhas desiguais, entremeando lugarejos onde sobrevivem antigos “gêneros de vida” permeados pelas periferias densamente povoadas, com infra-estrutura bancária, industrial, comercial etc. Os núcleos urbanos antigos resistem como centros de vida urbana, preservando suas qualidades estéticas, fundamentais para a manutenção do “consumo de lugar”, em contraposição ao “lugar de consumo”. De outro lado, o modo de viver da cidade invade os campos com seu sistema de objetos e sistema de valores.

---

<sup>1</sup> Vale do Ruhr (*das Ruhrgebiet*) no Norte da Alemanha, constitui o maior complexo industrial da Europa, disputado nas guerras devido ao seu significado econômico. A grande conurbação das cidades de Köln, Essen, Dortmund, Düsseldorf e Duisburg faz parte de uma área metropolitana maior de Reno-Ruhr de mais de 12 milhões de habitantes, que se estende do Leste ao Oeste, ao longo do rio Ruhr. A região se desenvolveu no século XIX, ligada à exploração mineira e à produção siderúrgica e, durante décadas, foi considerada o motor da economia alemã. A grande poluição atmosférica do passado se alterou com a crescente transformação da economia para a de alta tecnologia, prestação de serviços e turismo, acarretando em transformações sociais, urbanas e ambientais (Disponível em: <[www.dw-world.de](http://www.dw-world.de)>. Acesso em 23 mar. 2007).

O conceito de cidade está em processo de reelaboração. A cidade como centro comercial, desaparece. A realidade urbana procura reconstruir sua centralidade, substituindo os antigos centros deteriorados, pelo centro de decisão. Este concentrará os meios de poder; informação, formação, organização e cooperação, mas será cercado pelas periferias, a urbanização desurbanizada (LEFEBVRE, 1991, p. 21).

Mas, como definir a expressão urbana que se configura hoje? As formas urbanas produzidas por esta sociedade emergem em toda parte, recebendo denominações que não refletem um consenso entre os autores, mas a diversidade de conceitos e de realidades. *Cidade Global* de Saskia Sassen (1991), *Tecnópolis* de Manuel Castells e Peter Hall (1994), *Metápolis* de Ascher (1995), *Megacidade e a Pós-Metrópole* de Soja (2000), *Cidade Região Global* de Scott, Agnew, Soja e Storper (2001), são alguns dos termos utilizados para descrever o fenômeno urbano neste início de século. Embora a expressão urbana produzida pela sociedade atual reflita uma diversidade morfológica e conceitual, ela se distingue das cidades dos períodos anteriores por suas características comuns e que permeiam os textos que as descrevem.

Entre estas características, destaca-se a explosão urbana sem precedentes, acompanhada pela crescente dualidade entre ricos e pobres, principalmente nos países do Sul, além de problemas socioambientais de grandes proporções. As grandes cidades são repletas de “diversidades, desigualdades, heterogeneidades, tensões, contradições”. Os processos inerentes ao desenvolvimento do capitalismo no mundo, como a tecnologia de grande escala, fortalecem a divisão social do trabalho e as desigualdades e provocam o crescimento da tensão entre “localidade e globalidade” (IANNI, 1997). Os espaços requalificados passam a atender a interesses hegemônicos, formando novas desigualdades geográficas, sociais e produtivas e provocando empobrecimento material, cultural e moral (SANTOS, 1998). As novas exigências de qualificação para o trabalhador levam ao desemprego em massa, um problema social que se agrava com as crises econômicas (CARVALHO, 1998).

O clima da cidade se modifica devido à intensificação do uso e ocupação do solo, resultando em desequilíbrios térmicos, em deterioração da qualidade do ar e em maior frequência de ocorrência dos episódios severos (LOMBARDO, 1985). As diferenças topo e microclimáticas resultantes da compartimentação urbana provocam distintas condições de conforto urbano no interior das áreas urbanizadas. Estas, devido à quantidade de energia que utilizam, constituem as maiores fontes

indiretas de gases causadores do efeito estufa, relacionado ao aquecimento global (ASSIS, 2000, p. 2).

Michael Serres (1990) afirma que as mutações, atualmente, que afetam a natureza profundamente, têm um significado inédito e as ações locais têm hoje um caráter global. As tecnociências são mudanças de alcance do agir humano, um fenômeno sem precedentes. O que até então era percebido como destino (o clima, poluições...) aparece hoje como consequência da ação do homem em todas as áreas da vida. Na área ambiental, as ações humanas modificam o *cosmos*: no aquecimento global, na poluição, na chuva ácida, na ameaça de desaparecimento diferentes espécies vivas. Precisamos uma nova ética, pois vivemos uma civilização radicalmente diferente das anteriores, em que a natureza abrigava o homem. Na civilização contemporânea, a natureza está, doravante, sob a guarda do homem.

Atualmente nos ressentimos não da destruição da cidade mas da falta da natureza, pois nos tornamos contrários a ela. Ao iluminarmos a cidade, excluímos a noite. Prevalece a Cidade-luz, a Cidade Universal, a Cidade Vertical (MENDONÇA, 2006a).

Michel Serres (1990, p. 33-34) descreve o fenômeno da urbanização contemporânea a partir da imagem noturna da Terra, composta por imagens de satélite, em que as luzes das cidades denunciam a extensão das “intervenções maciças das imensas e densas camadas humanas” que cobrem a superfície do planeta. A seguir, o trecho sobre a “cidade Europa” e seus efeitos sobre o clima:

Visível de noite, por satélite, como a maior galáxia luminosa do globo, muito mais povoada do que os Estados Unidos, a supergigante megalópole Europa começa em Milão, vence os Alpes pela Suíça, segue o curso do Reno através da Alemanha e do Benelux, apanha a Inglaterra de esguicha, depois de ter atravessado o Mar do Norte e termina em Dublin, passado o canal de Saint-George. Um conjunto social comparável aos Grandes Lagos ou aos bancos e gelo da Groenlândia pelo seu tamanho, pela homogeneidade do seu tecido e pela influência no mundo, esta placa perturba desde há muito tempo o albedo, a circulação das águas, o calor médio e a formação das nuvens ou dos ventos, ou seja, todos os elementos, mais o número e a evolução das espécies vivas no, sobre e sob o seu território.

Mas, o impacto desta “cidade” é ainda maior sobre a natureza, pois esta “comunidade humana, no dealbar do segundo milênio, pesa pelo menos duzentos e cinquenta milhões de almas”, devido às “redes cruzadas de relações e número de

objetos-mundo de que dispõem”.

O autor contrasta a imagem da imensa massa humana que cobre toda a Terra, esse “ser-em-toda-a-parte”, em conjuntos gigantes que “avançam e pesam sobre o planeta, para o pior e para o melhor”, com a do homem de ontem, que desaparecia como um ponto na imensidão da paisagem e que “escutava piedosamente a linguagem do ser e do tempo”, consciente de sua fragilidade perante o Universo. Assim, as relações se invertem, há uma troca de força e fragilidade, o mundo que esmagava o homem, passa a ser por ele esmagado: “Sim, as megalópoles tornam-se variáveis físicas: não pensam nem pastam, pesam” (SERRES, 1990, p. 37).

Conforme Edith Deléage (2004), Hans Jonas, Virílio e Dupuy pensam uma ética para a civilização tecnológica. Segundo Jonas, durante o século XX, a tecnociência e a globalização teórica e prática, modificaram profundamente as relações humanas no tempo e no espaço. Os homens devem sentir-se responsáveis porque suas ações fragilizaram a Terra e seus habitantes. A responsabilidade é pensada não a partir dos atos cometidos, mas do poder fazer, da técnica. O homem tornou-se o gerente do universo e da natureza. Precisamos construir uma civilização *u-tópica*. Devemos aplicar o *princípio de responsabilidade perante as outras gerações* em todas as nossas ações, sob pena de impedirmos a perpetuação da civilização humana na Terra. Somente assim evitaremos o risco da descivilização e da barbárie.

Para Virílio, a civilização contemporânea se distingue das anteriores pela velocidade, que, por sua vez, acarreta a segunda característica de nossa civilização: os acidentes artificiais e globais. As duas guerras mundiais e a multiplicação de acidentes de grandes proporções como o naufrágio do Titanic, em 1912, e o acidente nuclear da usina de Chernobyl, em 1986, o ataque às Torres Gêmeas em New York, em 11 de setembro de 2001, e outros, estão ligados à nossa civilização tecnológica. Os acidentes artificiais levantam a questão da atribuição ao acaso: parecem naturais, mas remetem a situações artificialmente produzidas, ligadas às invenções tecnológicas, que não refletem seus efeitos prováveis nem a frequência de suas repetições.

O fato de que os nossos acidentes estejam orientados para modificação da Terra deverá significar o limiar do acidente integral. Além do risco ecológico, há o risco escatológico, pois nossa civilização é governada por um pensamento tecnológico. Uma nova ética é necessária para que se construa uma *utopia* completa.

Conforme Moscovici, citado por Edith Deléage (2004), faz-se necessário o reencantamento do mundo, que pressupõe uma nova relação com a natureza, o que implica novas práticas a serem experimentadas:

- *lutar pela natureza*, de forma a equilibrar a demografia e os recursos naturais;
- *reenraizar os homens*, que na nossa civilização tecnológica, e urbanizada estão cada vez mais dissociados de seu *habitat* e as pessoas, cada vez mais anônimas e solitárias. As zonas industriais são cercadas por zonas residenciais e na sua periferia proliferam as favelas;
- cercadas por zonas residenciais e na sua periferia proliferam as favelas. As cidades se desenvolvem como mosaicos de bairros – a cidade em algum lugar;
- *reaproximar as sociedades* que se afastam entre si, reconstruindo os laços sociais progressivamente perdidos, reduzindo a hierarquia, desmassificando as cidades;
- *retomar o tempo e o espaço*. A natureza hoje é obra dos homens e todas as partes da natureza estão ligadas: somos uma das forças naturais da natureza.

É nesta direção que este trabalho se desenvolve: no sentido de restabelecer os laços dos homens com a natureza, investiga-se a interação dos homens como o clima.

Os exemplos selecionados para representar o período contemporâneo são os dois extremos: a “supergigante megalópole Europa”, descrita por Serres a partir da imagem noturna da Terra tomada por satélite que revela um mundo urbanizado.

O segundo exemplo é aquele vivenciado no cotidiano da autora e objeto desta pesquisa, o Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba. Os itens a seguir pretendem um olhar mais atento às questões que envolvem a sociedade contemporânea, em particular, ao fenômeno brasileiro de urbanização, suas implicações sociais e interações climáticas, visando na seqüência associar as condições e a qualidade de vida no âmbito das condições de conforto térmico no meio urbano.

## 2.2 URBANIZAÇÃO E SOCIEDADE

O século XX se distinguiu pelo processo de urbanização e a perspectiva de um planeta urbano no século XXI vem se confirmando. A concentração em aglomerações urbanas gigantescas, interconectadas, compondo um mundo urbanizado, difere daquela sociedade primitiva em que os homens viviam em pequenos grupos isolados que desapareciam na imensidão da paisagem rural. Porém, a urbanização vem ocorrendo de forma diferenciada no mundo, condicionada principalmente à época e à situação particular de cada país quando alcançado pela industrialização. Os países onde ela é mais recente se destacam pela gravidade de seus impactos e pela intensidade da concentração urbana (SANTOS, 1998).

Segundo WEINSTOCK, G.; WEINSTOCK (2000, p. 85), no ano 2000 já existiam vinte “megacidades” com mais de 10 milhões de pessoas. Das 25 maiores cidades, 19 se localizavam no mundo em desenvolvimento, acarretando uma enorme carga aos recursos naturais, riscos de doenças devido às elevadas taxas de poluição, problemas sociais devido à pobreza absoluta, condições de insalubridade e superpovoamento. Entre os efeitos negativos do crescimento acelerado, encontram-se também: a pressão sobre a infra-estrutura existente, as dificuldades de transporte e o aumento da quantidade de lixo produzido, além das conseqüências das relações entre o ambiente construído, os homens e o clima em suas diversas escalas e níveis. Segundo Wirth (1967, p. 90), “em nenhum lugar do mundo a humanidade se afastou mais da natureza orgânica do que sob as condições de vida características das grandes cidades”.

Contudo, o grau em que o mundo atual pode ser qualificado como “urbano” não pode ser avaliado somente pelo número de habitantes das cidades, pois este não revela as influências que a urbe exercem sobre a vida humana. Além de ser cada vez mais o local onde vive o homem contemporâneo, a metrópole é, para Wirth (1967, p. 91), “o centro iniciador e controlador da vida econômica, política e cultural que atraiu as localidades mais remotas do mundo para dentro de sua órbita e interligou as diversas áreas, os diversos povos e as diversas atividades num universo”. Assim, o que caracteriza uma comunidade como urbana, não é o tamanho, a população, a densidade, os limites administrativos ou as suas instituições e equipamentos, embora estes critérios se relacionem ao seu contexto

cultural. O que caracteriza a cidade é o *modo de vida urbano*; a capacidade de a cidade “moldar o caráter da vida social à sua forma especificamente urbana”, por meio da “inter-relação da estrutura física, do sistema de organização social, do conjunto de idéias e formas de comportamento coletivo e mecanismos de controle social” (WIRTH, 1967, p. 107).

Conforme Castells (1983, p. VIII), as cidades são formas espaciais que resultam de um processo social, a urbanização, no qual há um forte componente ideológico, embora modificado conforme a conjuntura, a especificidade histórica. Para este autor, as sociedades latino-americanas capitalistas são dependentes e articuladas ao capitalismo monopolista mundializado, um sistema imperialista: o “sistema de produção dominante no seio de uma rede articulada de formações sociais interdependentes caracterizadas por relações de poder assimétricas entre as distintas classes e blocos de classe”.

Assim, as aglomerações urbanas latino-americanas resultam, em parte, da decomposição da estrutura produtiva (por exemplo, da agricultura) e, ao mesmo tempo, das expressões espaciais da concentração dos meios de produção – os dois pólos do desenvolvimento desigual, produzindo o “dualismo” das cidades latino-americanas, que imprime nos aspectos formais e funcionais do espaço urbano ambas as situações: as relações sociais subjacentes e os interesses dominantes em escala mundial.

Na realidade, as cidades nos “países em estágio de desenvolvimento complexo” (MENDONÇA, 2001a) sofreram um duplo processo: a deterioração durante o capitalismo industrial e, na seqüência, o processo de “urbanização corporativa” (SANTOS, 1994) engendrado pelo capitalismo monopolista (MENDONÇA, 2004b, p. 191).

No Brasil, os impactos das mudanças econômicas foram de grande intensidade e se evidenciam na transformação de todo o seu território, pois, conforme Santos (1994, p. 36), “num espaço de tempo relativamente curto, o Brasil acelera a mecanização do território e enfrenta uma nova tarefa, isto é, a constituição, sobre áreas cada vez mais vastas, desse meio técnico-científico informacional”. Assim, nas últimas três décadas, além das cidades, também o campo passou a ser dominado pelo capital e pela técnica, em prejuízo dos pequenos produtores.

A aceleração da urbanização reflete a transformação do Brasil durante o século XX: em 1900, somente quatro cidades brasileiras tinham mais de cem mil habitantes: Rio de Janeiro, São Paulo, Salvador e Recife (SANTOS, 1994, p. 21). Entre os anos



1940 e 1980, se inverteu a localização da residência da população: a taxa de urbanização passou, respectivamente, de 26,35% para 68,86% (SANTOS, 1998, p. 137). Em 2000, o grau de urbanização no Brasil alcançou 81% (IBGE, 2006).

### **2.2.1 O Processo de Urbanização no Brasil**

A urbanização brasileira é um fenômeno recente: o Brasil, durante séculos, foi um país agrário. Havia pequenas vilas e cidades nos séculos XVI e XVII, mas somente a partir do século XVIII a urbanização se desenvolveu de modo geral no país, baseada na expansão da agricultura comercial e na exploração mineral, ganhando novo impulso com a mecanização da produção (cana de açúcar) e do território. Conforme Santos (1994, p. 17-27), o significado da urbanização no Brasil se diferenciou em quatro momentos históricos:

No início, o Brasil urbano se assemelha a um arquipélago, devido à comunicação insuficiente entre as áreas urbanas.

Um segundo momento se configura na segunda metade do século XIX, quando, com a produção de café, o Estado de São Paulo passa a ser o pólo dinâmico de uma área que abrange os estados do Sul e parte do Sudeste. A integração desta região do território nacional, por meio de meios de transporte (ferrovias e portos) e de comunicação, aliada à instalação de novas formas capitalistas de produção e consumo sob influência internacional, formam o lastro necessário à industrialização.

O terceiro momento, a partir da década de 1940, é marcado pela alteração da base econômica das capitais estaduais, antes essencialmente agrícola. A industrialização passa a existir como processo social e formação de um mercado nacional; há esforços para a integração do território e expansão do consumo. A urbanização se intensifica. Após a Segunda Guerra Mundial, com os avanços técnicos e os investimentos na infra-estrutura, efetiva-se a integração do território. Busca-se oferecer um conjunto de condições técnicas para “viabilizar o processo de substituição das importações para o qual todo um arsenal financeiro, fiscal, monetário, serviria como base das novas relações sociais” (SANTOS, 1994, p. 36).

O quarto momento, o atual, inicia com o golpe de Estado de 1964. O governo passa a promover a incorporação do País ao movimento de

internacionalização da economia, com a instalação das empresas multinacionais. A economia brasileira se desenvolve e passa a exportar produtos agrícolas parcialmente beneficiados e produtos industrializados. A modernização da economia, o aumento da população, a expansão da classe média e o acesso ao crédito pelos pobres, levam ao aumento do consumo e à expansão industrial. A partir da década de 1970, a urbanização sofre nova aceleração atingindo um novo padrão e há uma tendência de metropolização.

Se antes as atividades dinâmicas eram econômica e espacialmente concentradoras, na fase do capitalismo atual há uma difusão da modernização, dos capitais, da tecnologia e das formas de organização. Configura-se o “meio técnico-científico-informacional”, que tende então, a se generalizar: o território recebe aportes maciços de infra-estrutura e se transforma, devido às biotecnologias, às novas químicas, à informática e à eletrônica. Em paralelo, ocorre a cientifização do trabalho. Há um enorme desenvolvimento dos sistemas de transportes e de telecomunicações, bem como da produção industrial e agrícola. A energia consumida no país passa de 24.000 megawatts em 1965 a 160.000 megawatts em 1984 (SANTOS, 1994, p. 39). Desenvolvem-se novas formas de produção não material: da saúde, da educação, do lazer, da informação. “O espaço se torna fluido, permitindo que os fatores de produção, o trabalho, os produtos, as mercadorias, o capital, passem a ter uma grande mobilidade”. Há um mercado único, embora segmentado e diferenciado, e o espaço se configura pelo domínio das firmas hegemônicas com apoio do Estado.

A modernização ocorre de forma heterogênea em todo o país, condicionada às especificidades das regiões e dos lugares, sob uma crescente diferenciação e complexidade do fenômeno urbano e regional. Mediante o crescente conteúdo das ciências e das técnicas e a especialização do território, a divisão territorial do trabalho se aprofunda, as desigualdades se ampliam, o espaço se reorganiza. A informatização do espaço e a pressão da economia conduzem, a um tempo, à fragmentação do território e à união do espaço em escala mundial.

Uma nova forma de domínio se impõe, intermediada pela metrópole (SANTOS, 1998, p. 79): “em cada outro ponto, nodal ou não, da rede urbana ou do espaço, temos tempos subalternos e diferenciados, marcados por dominâncias específicas. Com isso uma nova hierarquia se impõe entre lugares [...] uma diferenciação muitas vezes maior do que ontem, entre os diversos pontos do

território”. Desta forma, por sua simultaneidade, a metrópole ultrapassa as relações de centro-periferia. Há uma “dissolução da metrópole”.

As grandes cidades e sua modernização negligenciam a maior parte da cidade, da sociedade que as compõem e da natureza que lhes dá suporte. Mas, conforme Santos (1998, p. 79) é por meio do ambiente construído revelador das “diversidades das classes sociais, das diferenças de renda e dos modelos culturais”, que a cidade como um todo resiste ao domínio da “racionalidade triunfante”. Desta forma, “espaços de resistência”, “onde os tempos são lentos, adaptados às infra-estruturas incompletas ou herdadas do passado” constituem os “espaços opacos” e se opõem aos “espaços luminosos”, espaços inteligentes, dotados de sistemas de transporte e de informação, e “sequiosos de mobilidade”. Assim, a racionalidade técnica, hoje,

crava no organismo urbano, áreas “luminosas”, constituídas ao sabor da modernidade e que se justapõem, superpõem e contrapõem ao resto da cidade onde vivem os pobres, nas zonas urbanas “opacas”. Estas são os espaços do aproximativo e não (como as zonas luminosas) espaços da exatidão, são espaços inorgânicos, abertos e não espaços racionalizados e racionalizadores, são espaços da lentidão e não da vertigem [...] Se velocidade é força, o pobre, quase imóvel na grande cidade, seria o fraco, enquanto os ricos empanturrados e as gordas classes médias seriam os fortes (SANTOS, 1998, p. 83-84).

No entanto, para Santos (1998), na grande cidade, tudo se inverte. A força é dos “lentos” que ao percorrerem a Cidade podem vê-la e ao Mundo. Assim, os homens “lentos”, os pobres, os homens comuns, acabam sendo mais velozes na percepção do mundo. São levados pelas contingências e pelo espaço a pensar, enquanto as classes mais favorecidas são envolvidas pelas próprias teias que ajudaram a tecer, aquelas da racionalidade invasora, dos “caminhos marcados que empobreceram e eliminam a orientação do futuro”. “Por isso, os ‘espaços luminosos’ da metrópole, espaços da racionalidade, é que são, de fato, os espaços opacos” (SANTOS, 1998, p. 85).

Mendonça (2004c, p. 140) ao citar Serres (1990) e Santos (1998), complementa:

Ritmos lentos e ritmos velozes são, sobretudo, condições relativas do estado momentâneo de cada fato ou fenômeno, assim lentidão e rapidez são observadas tanto na natureza quanto na sociedade, afinal os chamados eventos catastróficos da primeira (*natural hazards*), por exemplo (um terremoto, uma chuva torrencial concentrada, uma tempestade etc.), desenvolvem-se de forma muito rápida ao mesmo tempo em que a parcela da sociedade desprovida de tecnologia (a maioria da humanidade) vive à mercê do tempo lento. Pode-se, todavia, adiantar, que a parcela da população que vive no tempo lento é muito mais vulnerável aos impactos e riscos dos fenômenos ligados ao tempo rápido da natureza, que aquela que compõe a classe alta da sociedade; ela, por sua vez e pelo seu poder econômico e tecnológico, vive a impressão de controlar o tempo e a natureza.

### **A Urbanização Corporativa**

Conforme Santos (1994; 1998), a atual condição de nossas cidades latino-americanas se deve em parte à modernização ocorrida no último terço do século XX, que conciliava os interesses hegemônicos aos interesses de domínio e de crescimento por parte dos governos autoritários. Tais mudanças encontraram no Brasil, um terreno fértil para o seu desenvolvimento e produziram impactos de grande intensidade – um significativo crescimento material simultâneo a uma involução social e política (SANTOS, 1994, p. 105):

No Brasil, grande pelo território e seus vastos recursos, portador de população numerosa e país subdesenvolvido mas industrializado, as marcas materiais sociais e culturais do novo período se imprimem com mais força e com mais rapidez, acarretando resultados mais notáveis que em outras nações: grande crescimento econômico, baseado em considerável desenvolvimento material, e, como contraponto, no campo social e político, uma evolução negativa, levando ao desenvolvimento simultâneo de uma classe média relativamente numerosa e de uma extensa pobreza.

A expansão das empresas multinacionais expressa a dominação externa do capitalismo corporativo ou monopolista, sob o processo de intensa concentração econômica que ocorreu no país a partir da década de 1970. Um pequeno número de empresas se apropriava, por diversos meios e tipos de pressão, das posições ocupadas anteriormente por empresas nativas que não podiam fazer frente aos novos padrões de organização, de produção, de propaganda, de concorrência e de

controle trazidos pelas grandes empresas que passaram a dominar o mercado e controlar o território (SANTOS, 1994, p. 102).

Com o avanço do capitalismo, aumenta o número de produtos oferecidos, a especialização de tarefas, a necessidade de intercomunicação entre regiões, induzindo à ampliação quantitativa e qualitativa da urbanização. A maior divisão social do trabalho leva a uma divisão territorial do trabalho ampliada, a uma maior especialização das cidades locais: há uma distribuição de funções produtivas entre as cidades, possibilitada pela fluidez do território.

A união do território ao mercado facilitou a concentração da economia por parte das empresas oligopolistas. O território equipado se tornou um fator determinante, instrumento de concorrência favorável às corporações, base de poder.

Para Santos (1994, p. 40), o meio técnico-científico e o capitalismo maduro “são duas faces de uma mesma moeda”: se o meio-técnico se difundia de forma mais lenta e seletiva, o meio técnico-científico (ou meio técnico-científico-informacional) tende a conquistar mais rapidamente uma área mais vasta, necessária ao desenvolvimento das atividades hegemônicas.

Da mesma forma, alterou-se a forma de aplicação dos recursos públicos. No tempo do capitalismo competitivo, os municípios podiam atender melhor às demandas sociais. Quando o capitalismo monopolista se impôs, induziu a utilização dos recursos públicos na infra-estrutura dispendiosa e necessária para assegurar a operação dos seus processos de produção e de distribuição. O governo federal centralizou os investimentos nas grandes empresas, visando a aumentar as exportações e a modernizar os países. Por sua vez, as administrações municipais, visando à ampliação das receitas com a instalação das grandes empresas, também priorizaram o atendimento a estas em detrimento das necessidades sociais (SANTOS, 1994, p. 96).

A modernização do País, de interesse mundial, foi financiada na forma de empréstimos, uma das razões pelas quais a dívida externa brasileira passou de 3,1 bilhões de dólares, em 1960, a 105 bilhões, em 1989 (SANTOS, 1994, p. 107-108).

Intensificaram-se assim, a produção simultânea de dois extremos: a enorme geração e concentração de riquezas, em paralelo aos fortes agravamento e difusão da pobreza. Surgiram também as classes médias, necessárias para a manutenção do sistema. A prática da modernização, legitimada pela ideologia do crescimento e aceita como sinal de modernidade, equipou o território e criou condições materiais e

sociais favoráveis à operação das grandes empresas, que agiam, em conjunto com o poder público, na reformulação das estruturas urbanas, num processo chamado por Santos (1994) de “urbanização corporativa”.

### **A Cidade Corporativa**

Conforme Santos (1994), a urbanização corporativa produziu cidades brasileiras com problemas semelhantes, mas que variam de intensidade conforme os locais. As enormes carências (de emprego, habitação, transporte, água, esgoto, educação, saúde etc.) são mais visíveis nas grandes cidades e, nestas, quanto maiores e mais populosas, mais diferenciadas são as atividades e a estrutura de classes e maiores as desigualdades urbanas.

As cidades corporativas são dispersas sobre grandes superfícies, entremeadas de vazios e se caracterizam por suas dimensões, sistema viário, carência de infra-estrutura, especulação imobiliária, problemas de transporte e periferização da população mais pobre – características interdependentes e de agravamento contínuo.

Essas cidades foram adequadas ao modelo adotado, equipando-se e compondo uma rede nacional de núcleos urbanos, para atender às atividades de interesse das grandes empresas e do Estado: a *urbanização corporativa*.

Para Santos (1994, p. 109), a palavra *corporação* não significa apenas “o privilégio de um ofício ou de uma atividade” mas caracteriza, no sentido pejorativo, “grupos fechados, reunidos em torno de seus interesses exclusivos, sem referência aos interesses dos outros”. A cidade reproduz essa segmentação, por meio de grupos que concorrem entre si na luta por suas reivindicações setoriais. Também a classe média e as classes menos favorecidas têm essa mentalidade corporativista: buscam-se mais privilégios do que direitos. O processo de urbanização corporativa opõe “parcelas da cidade, frações da população, formas concretas de produção, modos de vida, comportamentos” (SANTOS, 1994, p. 111).

A lógica dominante é a da cidade corporativa, que tende a prevalecer sobre as formas tradicionais, mesmo quando essas são do interesse econômico e social da maioria da população. Assim, “a cidade do capital concorrencial, cede lugar à cidade do capital monopolista ou oligopolista [...] a metrópole corporativa” (SANTOS, 1994, p. 110).

Há disputas entre atividades ou pessoas por determinados lugares: “criam-se sítios sociais uma vez que o funcionamento da sociedade urbana transforma seletivamente os lugares, afeiçoando-os às suas exigências funcionais” (SANTOS, 1994, p. 96). Certos pontos se tornam mais acessíveis, ou mais atrativos e, portanto, mais valorizados. As áreas privilegiadas são ocupadas pelas atividades mais dinâmicas e pelas classes mais favorecidas. As diversas frações da área urbana são valorizadas ou desvalorizadas pelo mercado ao longo do tempo, organizadas pelo *city marketing*. A expansão da cidade e a distribuição dos serviços coletivos geram o processo especulativo. As diferenças existentes entre os lugares urbanos se ampliam, devido à pressão exercida pelo capitalismo monopolista para que os investimentos públicos visem à cidade econômica em detrimento das demandas sociais.

### **2.2.2 Estratificação Social e Segregação Urbana**

Conforme Préteceille (2004, p. 11), o tema da dualidade socioespacial nas grandes metrópoles contemporâneas atualiza, no contexto da globalização financeira neoliberal, os estudos a respeito da segregação social da cidade capitalista, segregação esta evidenciada desde os anos 1920 pela primeira Escola de Chicago, e analisada em seus processos de produção pela pesquisa urbana neomarxista dos anos 1960-70.

No entanto, Sposati (FELDMAN, 2004, p. 88) questiona: até que ponto se pode falar de concentração territorial e de exclusão social nas cidades brasileiras usando como referência a globalização? Talvez esses processos tenham se intensificado com a globalização, mas são anteriores à mesma. Há velhas e novas formas de exclusão social: nas nossas cidades ainda estão presentes as velhas formas de desigualdades socioterritoriais (do capitalismo industrial), que se sobrepõem às formas mais recentes (do capitalismo monopolista).

Para Schor, o impacto da globalização, por suas proporções, necessariamente se evidencia na estrutura socioespacial das cidades brasileiras (FELDMAN, 2004, p. 98):

A segregação antecede este processo de globalização. [...] Mas acontece que na última década aconteceram coisas violentíssimas [...] no Brasil e em outros países latino-americanos e em outras nações. Vem acontecendo um processo de pauperização, de queda de renda e de mudanças nas condições ocupacionais da população, que é inevitável que, dado o porte, se expresse, apareça de alguma forma na organização da cidade.

Quais as características espaciais que resultam da coexistência entre as velhas e as novas normas de segregação? Segundo Pasternak (FELDMAN, 2004, p. 91), a organização socioterritorial da cidade de São Paulo segue de forma esquemática três modelos de segregação: a do tipo “casa grande e senzala”, em que ricos e pobres moravam próximos; o modelo centro/periferia, que para alguns ainda é forte; e, o modelo mais recente, o mais fractal, “mais espalhado, de proximidade maior de grupos sociais desiguais, de proximidade física maior e proximidade psicológica menor, os grupos vivem próximos mas não se comunicam”.

Pasternak questiona: a globalização estaria rompendo o modelo de cidade que tínhamos até os anos 80, o modelo centro/periferia? E neste caso, o modelo fractal seria o modelo dominante? Se houve impacto da globalização na estrutura socioespacial urbana, estes foram semelhantes em todas as metrópoles do Brasil? Esse questionamento requer a compreensão da estrutura socioespacial das diversas metrópoles (FELDMAN, 2004, p. 92).

A segregação espacial ocorre de forma diferente hoje, do que há meio século, porque a urbanização obedece a outra lógica, a outro processo de produção. Essas transformações afetaram fortemente a distribuição espacial das características sociais.

Castells (1983, p. 213) afirma que a estratificação e a segregação urbanas não refletem diretamente o sistema de estratificação social sobre o espaço, mas se articulam ao processo de produção do espaço urbano como forma e distribuição dos indivíduos: “Cada conjuntura histórica especifica o tipo de urbanização e a segregação do espaço”.

A composição social do espaço urbano tende a variar com a época e, assim, conforme o tipo de urbanização. Nas cidades mais antigas, o *status* social da periferia costuma ser mais elevado; nas cidades mais recentes ocorre o oposto, o *status* social mais elevado é o do centro, ainda muito novo para ser deteriorado, e as atividades econômicas são menos incômodas para o meio social urbano (CASTELLS, 1983, p. 215).



**O velho núcleo urbano se degrada** à medida que as habitações são desocupadas e subdividas pelos proprietários com o objetivo de aumentar o número de locatários e obter rendas superiores. O valor do terreno aumenta devido à escassez de áreas centrais, mas o valor da edificação diminui. Para o proprietário convém aguardar a possibilidade de uma boa venda do imóvel, uma vez que, por sua localização, o terreno se valoriza, enquanto obtém uma renda garantida pela demanda por habitação. Esse processo acelera a deterioração dos imóveis e de seu entorno. Quando o espaço passa a ser ocupado por um estrato inferior, outros moradores antigos procuram um novo lugar para morar. A substituição da classe média por estratos sociais inferiores em uma área urbana é acompanhada por uma transformação dos serviços presentes na área e pela elevação dos preços. Esse processo resulta na ocupação da área central das grandes metrópoles pelas camadas mais desfavorecidas econômica, política e ideologicamente (CASTELLS, 1983, p. 217).

**No processo de periferização**, freqüente nas grandes cidades brasileiras, ocorre o oposto. O poder público estimula a especulação ao promover a produção de vazios urbanos. As renovações dos centros urbanos ativam a especulação imobiliária e expulsam a população pré-existente no local. Ao não solucionar a demanda por habitação, favorecem a periferização. As carências em serviços diferenciam o território e alimentam a especulação. A população da periferia empobrece ainda mais pelos altos custos do transporte e dos produtos nestes locais. Cada melhoria pressupõe a possibilidade de ampliação dos serviços públicos, valoriza a área e cria a necessidade de se pagar por esses novos serviços, apressando o processo de expulsão dos mais pobres para as periferias. Para Santos (1994, p. 113),

a rapidez com que se instala o processo de verticalização tem como paralelo um processo de suburbanização. Como o número de pobres se expande ainda mais depressa, há pressão pela terra também entre os pobres e o resultado é uma expansão geográfica da cidade, periferização que se dá com a criação de vazios, graças ao modelo rodoviário.

O Banco Nacional de Habitação (BNH), na década de 1970, contribuiu para a dispersão das cidades e estimulou a especulação: os conjuntos residenciais situavam-se nas periferias urbanas, onde as áreas eram mais baratas. Ao construir

os conjuntos e dotá-los de infra-estrutura, valorizavam-se os terrenos ao redor, estimulando a especulação imobiliária e criando novos vazios urbanos. Uma vez valorizada, a área deixava de servir à população necessitada de habitação, que se deslocava para ainda mais longe, ampliando o processo de periferização. Paralelamente à atuação do BNH, houve a expansão das classes médias urbanas e a migração de muitos pobres para a cidade, exacerbando a especulação (SANTOS, 1994, p. 112).

As tendências variam em função do tamanho do aglomerado urbano, do período de urbanização e da taxa de crescimento. Embora se possa constatar uma diferenciação social do espaço, não há regras gerais, mas “expressões singulares da articulação entre as relações de classe (econômicas, políticas, ideológicas) e a distribuição de um produto (a moradia) que integra, entre suas qualidades, as de seu ambiente espacial” (CASTELLS, 1983, p. 221).

Para Préteceille (2004, p. 11-12), a pesquisa comparada entre cidades e países distintos tem indicado a necessidade de uma abordagem mais específica do tema da segregação para diferentes realidades e levado ao questionamento da própria comparabilidade das situações e dos processos sociais. Enquanto em países do Hemisfério Norte, as pesquisas sobre segregação muitas vezes têm sua ênfase nas diferenças etno-raciais, no caso brasileiro são realizadas sobretudo em relação às desigualdades socioeconômicas.

Conforme Haroldo Torres (FELDMAN, 2004, p. 102), no Brasil quase não há negros nas áreas ricas, mas nas áreas populares há mistura racial, diferente dos Estados Unidos, em que há o bairro pobre branco e o bairro pobre negro. Porém, ao comparar setores censitários na cidade de São Paulo, isto é, locais onde predominam chefes de famílias com rendas inferiores a três salários mínimos e locais onde os chefes de famílias têm renda superior a vinte salários mínimos, foram encontrados altos níveis de segregação, comparáveis aos da segregação racial de Nova York (cerca de 70).

No entanto, para Préteceille (2004, p. 12), os estudos das cidades brasileiras são conduzidos de forma polarizada, analisando-se as categorias mais ricas em relação às mais pobres, sem se considerar de modo sistemático a localização das categorias intermediárias. Torna-se, pois, necessário refletir sobre conceitos.

### **Estratificação social, segregação e exclusão: uma introdução**

A *segregação urbana* é definida por Castells (1983, p. 210) como “uma *tendência* à organização do espaço em zonas de forte homogeneidade social interna e com intensa disparidade social entre elas, sendo esta disparidade compreendida não só em termos de diferença, como também de hierarquia”.

Ou seja, a *segregação socioespacial* é uma tendência de agrupamento no espaço de grupos sociais homogêneos, que resultam de uma desigualdade social expressa na organização do território; mas é também a expressão dos processos de reprodução do trabalho articulada com a estrutura social (CASTELLS, 1983, p. 228).

Sposati (FELDMAN, 2004, p. 87) questiona a utilização do conceito de *segregação* no contexto brasileiro, a não ser em situações específicas como as relacionadas “aos enclaves de riqueza, aos muros, às cercas da prosperidade”. As pesquisas sobre o cotidiano urbano brasileiro vêm apontando a perspectiva das *desigualdades socioespaciais*, enquanto para a autora, o conceito de *segregação* é homogeneizador: explica a história até o presente, mas não “detecta todos os movimentos do presente para o futuro” (Sposati IN: FELDMAN 2004, p. 99). Há um contraponto da segregação, que não transparece no termo. Assim, a análise espacial a partir do conceito de segregação é uma análise parcial do movimento e da heterogeneidade territorial. A autora prefere abordar o tema como uma relação, um movimento entre exclusão e inclusão social, mas em uma perspectiva de questionamento de como se movimenta territorialmente esta relação, o que justifica a escolha dos indicadores compostos.

Ao se observar *segregação* como homogeneidade, diz a autora, o próprio zoneamento da cidade constitui um tratamento segregacionista do espaço, seja por função ou por tipo de moradia, proposto e implementado pelo Estado, e defendido pelos arquitetos e urbanistas. O zoneamento urbano é hierarquizador da riqueza e das formas de morar na cidade.

Para Torres (FELDMAN, 2004, p. 101), *exclusão* e *segregação* não são categorias excludentes do ponto de vista analítico: “a categoria segregação fala de um fenômeno e a exclusão se refere muito mais ao registro da desigualdade”. Conforme o autor, no Brasil escravocrata, havia baixa segregação: havia “uma enorme desigualdade, mas o escravo morava na casa do senhor – embaixo é claro, uma segregação dentro de casa, mas não existia essa distância física”.

Para Pasternak (FELDMAN, 2004, p. 102), a segregação *strictu sensu* é coercitiva. “Nós temos uma estrutura social que se reflete no espaço, não é coercitiva, mas localiza pessoas, as camadas sociais em diferentes pontos também”. Mas para os urbanistas americanos a segregação é benéfica, uma vez que as pessoas só vivem bem entre seus iguais. Os judeus, por exemplo, se segregam, não por motivos econômicos, mas para manter uma identidade cultural. Esta é a base do seu zoneamento. Para Pasternak o conceito de cidade é o oposto, deve haver a pluralidade de pessoas morando suficientemente próximas ou com um espaço de convivência para promover a tolerância, a aceitação do diverso, para que ele não seja um estranho.

Peter Marcuse (2004, p. 24) refere-se a formas de segregação involuntárias, hierárquicas e formas de segregação voluntárias, não hierárquicas e nem sempre indesejáveis. Kowarick (FELDMAN, 2004, p. 97) cita, como forma de segregação, o processo de “evitação social”, em que as pessoas evitam aquelas vistas como diferentes e potencialmente perigosas: a cidade com muros, que cria distanciamento, preconceito, isola, separa ou segrega um grupo do outro: os ricos e os pobres. O medo da violência passou a ser um motivo de migração, um elemento de separação entre os grupos e de estruturação básica da vida da família.

Pasternak (FELDMAN, 2004, p. 103) estuda a estrutura socioespacial por meio da densidade maior de pessoas de uma mesma característica em uma determinada área, o que evidencia a segregação por camada social. Como parâmetro, utiliza uma composição de ocupação, instrução e renda, e trabalha em separado as favelas, cuja locação obedece a outra lógica. Mas alerta: o que é válido como parâmetro numa metrópole brasileira, não é válido em outra: “o trabalhador de sobrevivência em São Paulo difere do trabalhador de sobrevivência no Recife”.

Para Torres (FELDMAN, 2004, p. 90, 102), a *segregação* como conceituação é basicamente o grau de separação residencial entre grupos sociais, por motivos sócio-econômicos, étnicos ou outros e, portanto, uma categoria espacial. Mas, como definir o que é uma área segregada? Esta definição é muito afetada pela escala, pela natureza das fontes de dados disponíveis e pela natureza dos objetivos que se tem.

Embora Castells afirme que as áreas segregadas apresentam um “*alto grau de homogeneidade interna*” [grifo nosso], são raras as áreas totalmente homogêneas, exclusivas, se houverem. Existem áreas de grande concentração de

certas camadas de renda; não totalmente homogêneas, mas com um grau de homogeneidade maior ou menor (Villaça IN: FELDMAN, 2004, p. 94).

Segundo o PNUD/UNOPS (1997, p. 60), “*no existe ciudad homogênea. Por el contrario, hay una multifacética diversidad interna que merece ser respetada y assumida como un recurso. Nada hay más antidemocrático que pretender homogeneizar una población*”.

Esta concepção se harmoniza ao conceito de equidade de Pasternak (FELDMAN, 2004, p. 109): “a possibilidade das diferenças manifestadas e respeitadas sem discriminação”, uma “condição que favoreça o combate da prática de preconceito”.

Adota-se neste trabalho o conceito de segregação urbana como espacialização das diferenças e das desigualdades sociais no espaço urbano, expressa por meio de uma maior densidade populacional de uma camada social em determinada área da cidade. A distribuição das moradias no espaço urbano reproduz a diferenciação social dos seus moradores, especificando a paisagem urbana por meio do agrupamento de tipos, níveis e funções distintas de suas instalações. Isto porque, conforme Castells (1983, p. 210), os locais residenciais seguem as leis do mercado capitalista da mesma forma que os produtos e os agrupamentos de moradias ocorrem em função da capacidade social dos indivíduos, segundo a renda, a ocupação, o nível de instrução, a etnia, a faixa etária etc. Assim, segundo o autor, a *estratificação social* ou, o “sistema de distribuição dos produtos entre os indivíduos e grupos”, corresponde ao “sistema de *estratificação urbana*”. A desigualdade socioespacial expressa na organização do território é também a expressão dos processos de reprodução do trabalho articulada com a estrutura social (CASTELLS, 1983, p. 228).

Concorda-se com Santos (1998, p. 79) sobre a importância da convivência das diversidades, pois promovem a resistência da cidade ao domínio da “racionalidade triunfante”, e compartilha-se da convicção de Pasternak (FELDMAN, 2004, p. 109) de que a cidade deve ser planejada de forma a haver a promover a convivência entre pessoas de diferentes características sociais para promover a tolerância, a aceitação e o respeito ao diverso.

### **A concepção de Wirth do modo de vida urbano**

A heterogeneidade dos indivíduos é, para o “sociólogo urbano” Wirth (1967, p. 90-113) condição fundamental para a urbanidade, evidente na sua própria definição de cidade: “um núcleo relativamente grande, denso e permanente, de indivíduos heterogêneos” (WIRTH, 1967, p. 96). Para o autor, quanto maior a densidade habitacional e quanto mais heterogêneos os indivíduos, mais urbana a comunidade será. Na convivência das diferenças sociais reside a riqueza do ambiente urbano, o mais fértil campo de criação – a cidade:

A cidade tem sido, dessa forma, o cadinho das raças, dos povos e das culturas e o mais favorável campo de criação de novos híbridos biológicos e culturais. Ela não só tolerou como recompensou diferenças individuais. Reuniu povos dos confins da terra porque eles são diferentes e, por isso, úteis uns aos outros e não porque sejam homogêneos e de mesma mentalidade (WIRTH, 1967, p. 98).

Em sua teoria sociológica e sócio-psicológica do urbanismo, Louis Wirth afirma que a estratificação social na cidade é condicionada pela quantidade de habitantes, pela sua densidade e pela heterogeneidade dos indivíduos (1967, p. 98-106).

**Em relação à população**, quanto maior o número de indivíduos, maior a quantidade de variações entre eles e maior o potencial de diferenciação. As variações individuais levam à separação espacial conforme as características raciais, a origem étnica, a classe social e as preferências, enquanto outros vínculos (parentesco, vizinhança etc.) tendem a desaparecer. O excessivo número de membros de uma comunidade limita a possibilidade de se conhecerem e se relacionarem como personalidades completas, produzindo a segmentação das relações humanas, o “caráter esquizóide” das relações urbano-sociais. Os homens encontram mais pessoas no cotidiano, mas se relacionam de formas menos intensas do que nas comunidades rurais: os relacionamentos podem ser face a face, mas “impessoais, superficiais, transitórios e segmentários”. A indiferença e o ar de superioridade dos homens urbanos é uma atitude de defesa em relação às expectativas alheias. O indivíduo adquire “certa liberdade de controles pessoais e emocionais de grupos íntimos”, mas perde o senso de participação na sociedade e as pessoas passam a representar “uma relação de utilidade”.

À segmentação e ao caráter utilitarista das relações sociais urbanas corresponde uma especialização entre as profissões, que requer uma ampliação do mercado, em grande parte suprido pela própria cidade, que, por sua vez, acentua a divisão do trabalho. A divisão do trabalho e a especialização das ocupações se associam ao nível de interdependência e à instabilidade presentes na vida urbana. A divisão do trabalho promovida pela cidade explica a sua dominância em relação à área circunvizinha.

**Quanto à densidade da população,** Wirth (1967, p. 102) compara as sociedades humanas aos ecossistemas, nos quais “um aumento numérico para uma área constante tende a produzir diferenciação e especialização, pois somente dessa forma é que a área poderá suportar o aumento numérico”. Os efeitos conjugados da densidade urbana e da quantidade de indivíduos levam a uma maior diferenciação dos indivíduos e das atividades, ampliando a complexidade da estrutura social. Apesar da proximidade física, devido à densidade, “os nossos contatos sociais são distantes” originando a solidão. Valorizamos mais as características visuais do que as pessoais e nos distanciamos progressivamente das pessoas e da natureza.

A alta densidade induz à concorrência pelo espaço que se torna economicamente seletivo. Há uma divisão espacial das funções urbanas, entre as áreas industriais e comerciais e as áreas residenciais. A cidade se fragmenta em um “mosaico de mundos sociais”. Essa diversidade promove o senso de tolerância, mas também de concorrência e exploração mútua, e requer o desenvolvimento de regras de convivência. Algumas áreas se tornam mais atraentes que outras para diversas camadas da população, por critérios como “a densidade, os valores da terra, os aluguéis, a acessibilidade, a salubridade, o prestígio, considerações estéticas, a ausência de inconvenientes tais como barulho, fumaça e sujeira” (WIRTH, 1967, p. 103).

Os habitantes de uma área de alta densidade tendem a se agrupar por *status* e necessidades homogêneos e a se distanciar de elementos com necessidades e modos de vida divergentes, incompatíveis ou antagônicos. Entre os fatores de seleção e distribuição da população em parcelas distintas do espaço urbano encontram-se “o local e a natureza do trabalho, a renda, as características raciais, étnicas, o *status* social, os costumes, hábitos, gostos, preferências e preconceitos” (WIRTH, 1967, p. 103).

**Em relação à heterogeneidade**, o autor afirma que a interação social entre tantos tipos de pessoas diferentes na cidade tende a ampliar a subdivisão da estratificação social e tornar a estrutura de classes mais complexa. A mobilidade do indivíduo entre os grupos diferenciados da estrutura social da cidade perante os quais ele possui um *status* variável, leva-o a aceitar como normais a instabilidade e a insegurança urbanas. O indivíduo associa-se a um maior número de grupos organizados e divergentes entre si, cada um dos quais representa um aspecto diferente da sua personalidade. Porém, a mobilidade social (devido à flutuação de renda, ao trabalho e ao local de residência) promove uma rápida e constante substituição dos indivíduos do grupo e dificulta a manutenção e o aprofundamento dos relacionamentos pessoais, a união, a vizinhança, a criação das tradições e dos vínculos com o lugar: as pessoas se tornam mais cosmopolitas. Nas áreas urbanizadas, a segregação ocorre mais pelas diferenciações (principalmente de renda e *status* social no Brasil), do que por atrações positivas (WIRTH, 1967, p. 105).

Apesar da alta diferenciação de pessoas, das atividades, das oportunidades e dos muitos estímulos do ambiente urbano, este exerce também uma tendência niveladora e despersonalizante. Nossas grandes cidades se desenvolveram a partir da indústria, caracterizada pela produção em massa e pela divisão do trabalho, que requerem a padronização dos processos e dos produtos, os quais são desenvolvidos para atender às médias das necessidades das pessoas. Também os serviços públicos, as instituições culturais, a política e as técnicas de propaganda, destinam-se ao coletivo e levam ao nivelamento e à massificação. De outro lado, os acessos aos serviços de saúde, segurança, educação, recreação e cultura e às suas instituições coletivas altamente especializadas são causadores de contrastes cada vez maiores entre os homens urbanos (WIRTH, 1967, p. 106).

### **Estrutura socioespacial e segregação**

Mas a cidade é um “emaranhado histórico”, no qual se mesclam estruturas sociais, e onde funções e *status* se combinam e se distribuem no espaço. Castells cita o estudo de Duncan e Duncan sobre o padrão de segregação na cidade de Chicago (1983, p. 211):



a distribuição no espaço residencial das diferentes categorias socioprofissionais é amplamente diversificada, de forma que, tanto maior a distância social entre os grupos, tanto mais diferem seus modelos de implantação social; esta tendência ainda é confirmada pelo fato de que os grupos com maior índice de segregação espacial são os grupos extremos (no nível superior e no nível inferior) na escala de estratificação ocupacional; enfim, quanto mais estamos num nível socioeconômico inferior, tanto mais estamos *concentrados* num mesmo espaço, e mais ocupamos a zona central do aglomerado.

Podemos verificar semelhanças e diferenças de comportamento em sociedades diferentes. Embora uma forte diferenciação e uma acentuada hierarquia socioespacial também estejam presentes nas cidades brasileiras, a sua disposição espacial de modo em geral, se distingue por um gradual empobrecimento da população conforme se caminha em direção às periferias.

Para Castells (1983, p. 222-223), a seleção de uma nova moradia é afetada pelo conforto, o tamanho e o ambiente social, mas o critério principal de escolha é o custo, determinado pela renda, pela etapa de vida e pelo tamanho da família. O fator que se destaca, no entanto, é a evidência de que os deslocamentos se direcionam para as zonas urbanas de estrato social equivalente. As pessoas geralmente se mudam para adequar as necessidades familiares, sem que se modifiquem as “suas características sociais, as quais dependem da distribuição do produto entre as classes, e do sistema de relações que as condicionam”.

Há tendências que se impõem, mas há também contradições: se, de um lado, a estrutura espacial das moradias é determinada por meio da interação dos níveis econômico, político-institucional e ideológico, de outro, a luta de classes se articula e reforça a segregação (CASTELLS, 1983, p. 224-225):

**A nível econômico**, a composição espacial se dá conforme a distribuição do produto entre as pessoas e a disponibilidade espacial das habitações. O local de trabalho exerce influência indireta, por meio da condição da rede de transportes. Assim, a segregação deve ser considerada de forma dinâmica: além da diferenciação do local, também a capacidade de deslocamento e de acessibilidade da rede urbana.

**A nível político-institucional**, há o reforço da segregação, pois os serviços atendem aos interesses da fração dominante da unidade administrativa. A autonomia local intensifica a desigualdade: quanto mais elevado o nível, menor a necessidade de

equipamentos coletivos. Enquanto os privilegiados tendem a se isolar, institucionalizando as barreiras, o governo deverá dar conta das enormes necessidades dos desfavorecidos.

**A nível ideológico**, a segregação residencial ocorre em relação aos lugares ocupados nas relações de produção, por exemplo, em relação à moradia dos empregados. Contudo, a segregação urbana pode não representar apenas a estratificação social, mas um fenômeno específico significativo que, pela conjugação de certas situações sociais e espaciais específicas na cidade, ultrapassa a pobreza e a discriminação em si:

A correspondência entre uma situação social e uma implantação espacial pode reforçar a tendência à autonomização ideológica de certos grupos e levar à constituição de sub-culturas. A segregação pode favorecer a constituição de comunidades que, por um lado, reforçarão ainda mais as distâncias sociais e espaciais e, por outro, dar-lhe-ão um sentido dinâmico, transformando a diferença em contradição (CASTELLS, 1983, p. 224-225).

**O nível da luta de classes** influencia a segregação quando: a) há uma situação de conflito aberto, ampliando a explosão espacial; b) há intervenção do Estado de forma repressiva (por exemplo, num traçado urbano que vise ao controle e ao domínio), ou de forma integradora, “visando à exploração da comunidade, dispersando-a no conjunto de um espaço residencial hostil” (CASTELLS, 1983, p. 225).

A *segregação* é, por definição, uma categoria espacial. Haroldo Torres cita a importância da segregação devido aos impactos dos mecanismos sociais na vida das pessoas. Não por ser pobre, mas por residir numa região de alta concentração de pobres, a performance socioeconômica das famílias é afetada. “É possível, por exemplo, mostrar por meio de um modelo de regressão logística, que a probabilidade de alguém concluir ou não o segundo grau é influenciada pelo de moradia (controlado por renda, escolaridade dos pais, sexo e raça)” (FELDMAN, 2004, p. 101). Diversas teorias tentam explicar porque a rede de relações sociais contribui para comprometer os resultados que a pessoa terá em distintas circunstâncias da vida.

Conforme Villaça (FELDMAN, 2004, p. 94-95), a segregação urbana nas metrópoles brasileiras é inevitavelmente relacionada a outros processos socioespaciais, como “a *decadência* do centro principal, as transformações dos sub-

centros de bairro etc.". A segregação das residências, bem como dos empregos, é produzida: "A absoluta maioria dos empregos da classe alta está localizada no mesmo quadrante onde elas moram, enquanto que a classe popular não tem o mesmo domínio sobre a localização de seus empregos, na produção do espaço" (Villaça IN: FELDMAN, 2004, p. 104). Uma vez que a segregação é uma categoria espacial, o processo de produção desse espaço e as explicações dos processos sociais sob seus diferentes aspectos, a política, a economia e a ideologia, deveriam estar presentes nas discussões sobre o tema.

Para Villaça (FELDMAN, 2004, p. 104), a produção do clima da cidade deveria estar incluída nos estudos da segregação urbana. Ao observar o mapa das Ilhas de Calor na cidade de São Paulo e constatar que as temperaturas na zona Leste são mais elevadas que no Sudoeste, o autor afirma: o clima de São Paulo é socialmente produzido!

Em seus estudos a respeito da segregação em seis metrópoles brasileiras, Villaça (FELDMAN, 2004, p. 105) conclui: a segregação fundamental, que subjuga e explica todas as outras, é a segregação por classes sociais. Ela envolve disputa, conflito e coerção. Há perdedores e vencedores. A segregação por classe se articula com o domínio do Estado, da economia e da ideologia, por meio do espaço e é conduzida pelas classes de renda mais alta. Portanto, a segregação por classes é sempre coercitiva, é dominação e exclusão.

Torna-se, assim, imprescindível refletir sobre o efeito da espacialização das diferenças e das desigualdades sobre o espaço urbano, com o aumento da *exclusão* e da *vulnerabilidade*, sobre a *qualidade de vida* urbana.

### **2.2.3 Condições e Qualidade de Vida – Vulnerabilidade Social**

Se, como afirma Wirth (1967, p. 109), "a cidade derrubou barreiras da rígida divisão de castas da sociedade pré-industrial mas agravou as desigualdades socioeconômicas", a cidade atual leva ao extremo a valorização do econômico sobre o social: "a globalização é referida como um novo processo de produção que provoca desemprego, exclusão e redução da responsabilidade social pública com os serviços e com os meios para a reprodução social e qualidade de vida igualitária" (Sposati IN: FELDMAN, 2004, p. 88).

Se um lado, vive-se melhor hoje do que em épocas passadas devido aos avanços tecnológicos e científicos, da riqueza gerada, do acesso aos equipamentos urbanos, à educação, à saúde, aos remédios, etc... As taxas de mortalidade, saúde, entre outras, são hoje significativamente mais favoráveis do que os índices das décadas de 1930 e 1940... De outro lado, a crescente degradação da natureza, a deterioração urbana e a priorização dos valores econômicos sobre os sociais, têm aumentado as incertezas sobre a continuidade desses avanços, sobretudo em relação à questão da melhoria da qualidade de vida com mais justiça social.

A cidade contemporânea é, por si só, contraditória: é o espaço da realização da vida humana e também onde ocorrem as mais complexas relações socioambientais. A imensurável pressão que a urbanização exerce sobre o meio natural, ao mesmo tempo suporte e componente da cidade, produz ambientes degradados de inevitável impacto sobre a qualidade e as condições da vida dos seres humanos que neles habitam, numa relação contínua e recíproca (MENDONÇA, 2004b).

Segundo Mendonça (2001a, p. 69-75), no contexto dos países “em condições socioeconômicas de alta complexidade” como o Brasil, os problemas ambientais das cidades contemporâneas se conjugam aos problemas do subdesenvolvimento, as disparidades sociais e econômicas se ampliam e se polarizam, levando a exclusão social a níveis sem precedentes. As condições e a qualidade de vida no ambiente urbano se deterioram, devido à grande concentração populacional, ao estresse, à poluição, à falta de saneamento e à ineficiência do poder público para atender às necessidades da população, mas o custo social do desenvolvimento se distribui com uma injustiça crescente, onerando sempre mais os pobres, os mais vulneráveis. A descrição deste autor corrobora a afirmação de Wirth (1967, p. 90): “em nenhum lugar do mundo a humanidade se afastou mais da natureza orgânica do que sob as condições de vida características das grandes cidades”.

A deterioração das condições e da qualidade de vida e a ampliação da vulnerabilidade social nas grandes aglomerações urbanas passaram a ser percebidos como repercussão das relações socioambientais (DAVANSO, 2003, p. 59): “o modelo de desenvolvimento econômico passou a ser questionado em grande parte devido aos impactos negativos que a forma de exploração dos recursos naturais passou a provocar sobre a sociedade humana”. Assim, desde os anos 1970, as discussões sobre a noção de *qualidade de vida* vêm sendo difundidas,

sempre relacionadas à questão ambiental. Foi também nesta época que a abordagem do *meio ambiente* apresentou uma evolução fundamental: ultrapassando a concepção naturalista, o enfoque passa a enfatizar as práticas e as necessidades da sociedade humana na crise ambiental (MENDONÇA, 1993).

Mendonça (2004c, p. 139-148), evidencia a relação entre as condições de vida da população, a condição de formação de riscos e de vulnerabilidade socioambiental.

Beck (1997) afirma que vivemos na sociedade do risco, produzida pela sociedade industrial. A sociedade do risco decorre do consenso em relação ao progresso e à abstração dos riscos de seus efeitos colaterais e cumulativos sobre o meio ambiente. Desta forma, a contínua modernização implicou na obsolescência da sociedade industrial e, conseqüentemente, na emergência da sociedade de risco. Porém, se na sociedade industrial os conflitos básicos constituíam na distribuição dos bens, na sociedade de risco os conflitos se relacionam mais intensamente com a distribuição dos malefícios – os riscos gerados na produção desses bens, como a ameaça ao meio ambiente decorrente dos avanços tecnológicos ou como a miséria crescente da maioria da população.

Floriani (2004, p. 53-54), apontando para as situações assimétricas de concentração de riquezas e de apropriação dos recursos naturais, evidencia que os riscos socioambientais são maiores nos países em desenvolvimento do que nos países desenvolvidos.

Machado (2003) ao citar Beck (1995), destaca que a fragmentação do mundo contemporâneo se tornou tão complexa que acabou por distanciar o homem comum da compreensão da realidade dos riscos como determinantes da qualidade de vida.

Contudo, os riscos estão presentes, sobretudo nas cidades, as quais, segundo Dubois-Maury e Charline (2002, p. 26), produzem riscos endógenos, notadamente nos domínios tecnológicos, sanitários e sociais, que agravam os efeitos dos riscos mais exógenos, como os riscos naturais. Cada parcela do sítio urbano, por suas características próprias, vai determinar sua vulnerabilidade, em função da densidade da ocupação, da presença dos riscos no território, das formas e dos tipos de uso do espaço, da natureza e da qualidade das construções. Após algumas décadas, outras formas de vulnerabilidade estritamente endógenas tendem a se impor, dentro das aglomerações dos países industriais, gerando insegurança e levando à proliferação de formas de delinquência.

Ainda conforme Dubois-Maury e Charline (2002, p. 28), embora os riscos sejam onipresentes em toda a aglomeração urbana, a vulnerabilidade se diferencia

nas distintas parcelas do território. A experiência revela que os riscos ocorrem de maneiras muito diversas em sua natureza, em sua gravidade e nos seus efeitos, conforme as particularidades do sítio urbano e dos setores funcionais que compõe a cidade. Assim, o centro da cidade, por sua intensa utilização do espaço, verticalização dos edifícios, grande número de veículos e grande frequência de pessoas heterogêneas, apresentam maior vulnerabilidade em relação aos incêndios, panes elétricas, excesso de ruído e de poluição, além dos pequenos atos de delinquência; os bairros antigos e históricos apresentam, por suas construções antigas, maiores riscos de incêndio e sanitários e, quando situados em áreas de várzea, risco de inundação; as populações residentes nas periferias urbanas sofrem os riscos tecnológicos diretos dos equipamentos de seu entorno; os grandes agrupamentos de habitação social sofrem riscos de violência e de insegurança e, nas aglomerações urbanas dos países do terceiro mundo, a proliferação de áreas de ocupação irregular favorece as catástrofes naturais.

Lucio Kowarick (FELDMAN, 2004, p. 96) afirma que há muito tempo os pesquisadores brasileiros se referem às *periferias* no plural, indicando desta forma “as diferenciações e desigualdades na *qualidade de vida* urbana nas zonas afastadas das áreas centrais”. Esta caracterização no âmbito do macro-espaço ainda parece pertinente. Embora a infra-estrutura de serviços de água, esgoto e coleta de lixo tenha melhorado muito nos últimos vinte anos em algumas áreas metropolitanas do país, em outras, ainda é extremamente precária. Mas existem outras carências que se apresentam de forma extremamente desigual, acarretando numa ainda maior diferenciação da *qualidade de vida* no meio urbano: o transporte coletivo, os equipamentos urbanos (creches, escolas, postos de saúde), a qualidade dos serviços públicos, a segurança pública. A carência destes elementos básicos do cotidiano urbano costuma ser muito mais dramática nas periferias.

Conforme Schor (FELDMAN, 2004, p. 97), o conceito de *pobreza* que usa como referência uma linha de pobreza monetária, monetarizando uma cesta de bens etc., é muito criticado. O conceito com que os suecos e holandeses trabalham é o chamado *conceito subjetivo de pobreza*. Os pesquisadores procuram identificar porque as pessoas se acham pobres, quais são as suas *condições de vida* que as fazem se considerar pobres. A partir desta pesquisa, se constrói uma referência do que é a pobreza para aquela sociedade, naquele contexto e momento.

Representando as situações extremas de pobreza, más condições e baixa qualidade de vida, exclusão e vulnerabilidade, as favelas são normalmente

chamadas pelos órgãos públicos no Brasil, de “áreas de ocupação irregular”. Essa denominação é generalista e não caracteriza estas comunidades. Para Lucio Kowarick (FELDMAN, 2004, p. 997), parece “muito pobre definir favela como uma forma de ocupação de terra alheia, pública ou privada, mesmo porque hoje há uma mercantilização muito grande de moradias: as favelas estão sendo providas de serviços, infra-estrutura, e é preciso outro tipo de caracterização que dê conta de uma nova e mais complexa realidade”.

Castells (1983, p. 210), refere-se às “vilas miséria” como

a invasão de terrenos livres pelos que não têm casa e a organização de um *habitat* rude, obedecendo às normas culturais de seus habitantes, equipados conforme seus meios, e que se desenvolve numa luta contra a repressão policial, as ameaças jurídicas e, às vezes, os atentados criminosos das sociedades imobiliárias, derrotadas desta maneira sem seus projetos. É um fenômeno maciço nas grandes cidades latino-americanas.

Nestas áreas, a desigualdade e a exclusão resultam na extrema *vulnerabilidade* da vida cotidiana das famílias. Para Kowarick (FELDMAN, 2004, p. 106), as áreas onde há maiores índices de violência, ou maior *vulnerabilidade* civil (que se refere à integridade física das pessoas) coincidem com as áreas de maior *vulnerabilidade* sócio-econômica (condições de trabalho, acesso a habitação, saúde, saneamento, educação, transportes etc.). O autor prefere utilizar o termo *vulnerabilidade* no sentido de *desproteção socioeconômica e civil*, o qual se associa à questão dos direitos de cidadania.

No decorrer do tempo, as áreas urbanas sofrem uma estratificação socioespacial e algumas áreas da cidade passam a conjugar altos graus de vulnerabilidade ambiental e de vulnerabilidade social. Conforme Deschamps (2004, p. 140), há uma forte relação entre “áreas onde há o risco de ocorrer algum evento adverso” e a localização de “proporções elevadas de indivíduos e famílias que não possuem recursos de qualquer natureza, para responder adequadamente mediante a ocorrência de um evento ambiental adverso”. Neste sentido, as condições de vida são um importante fator de resiliência, diferenciando a capacidade de resposta da população aos eventos adversos.

A melhoria da *qualidade de vida* na cidade pode ser alcançada pela alteração das *condições de vida*, do ambiente físico e social e dos fatores econômicos, por meio

das ações de diversos atores, da população local e das organizações sociais em suas diversas instâncias (MACHADO, 2003).

Para Mendonça (2001b, p. 69), os *conceitos de condição de vida e qualidade de vida*, dizem respeito a “carências materiais e de acesso a serviços de parcelas da população”, mas também se referem ao ambiente social, às relações interpessoais, à liberdade de expressão, ao acesso ao trabalho, à educação, à cultura, dentre outros fatores que resultam no bem estar das pessoas ou grupos.

Conforme Machado (2003), o *conceito de qualidade de vida* tem sido utilizado em diferentes contextos e conotações que permeiam diversos setores, mas que não refletem o seu significado pleno. A *qualidade de vida* pode ser relacionada ao bem estar e às experiências de vida do indivíduo, ou baseada nas suas escolhas de vida e tipos de comportamento. Porém, o conceito de *qualidade de vida* recebe enfoques mais acentuados nas áreas da saúde e do meio ambiente e se expressa geralmente como a *relação do indivíduo com o seu meio*. Relaciona-se às mudanças de práticas individuais e coletivas com o objetivo de melhorar o ambiente tornando-o mais saudável para a comunidade, tendo como ênfase a equidade.

Para a Organização Mundial de Saúde (OMS), citada por Machado (2003), “qualidade de vida é a percepção que um indivíduo tem de seu espaço de existência, dentro do contexto de sua cultura e no sistema de valores nos quais ele vive em relação aos seus objetivos, expectativas, normas e inquietude”.

Considerando o viés reducionista de algumas formas de mensuração da qualidade de vida por seus elementos essencialmente quantitativos e burocráticos e entendendo a qualidade de vida como conceito em construção num mundo heterogêneo, Machado propõe uma ampliação de perspectiva. Apoiando-se nas idéias de Touraine e Habermas, “que defendem a reintegração do mundo vivido pelo ator”, Machado (2003, p. 20) define qualidade de vida como “a transformação da realidade na busca da solidificação de um projeto de vida em que seus atores o definem comunicacionalmente com base sólida de conhecimento de seu espaço, dentro da lógica do mundo vivido”. Desta forma, o autor ultrapassa a visão apenas descritiva da realidade desigual como expressão da qualidade de vida e trabalha na capacidade do ator ser sujeito e estabelecer suas próprias estratégias de vida, buscando a participação da comunidade por meio da construção do conceito de qualidade de vida.

Em consonância com o referido autor, Davanso (2003, p. 60), citando Demo (1996), afirma que esta noção de desenvolvimento expressa a competência histórica



de “fazer-se sujeito, deixando a condição de objeto ou de massa de manobra e, a partir daí, fazer história alternativa marcada pela eqüidade e pela ética”.

Para Davanso (2003, p. 60), as dificuldades na mensuração da qualidade de vida se devem às diferentes percepções de parcelas da sociedade e ao fato de esta noção abranger duas dimensões: uma material e objetiva, outra valorativa, portanto, subjetiva. Essa discussão conduziu à elaboração de um conceito complementar, ou seja, o de *desenvolvimento humano*.

Enquanto a noção de *qualidade de vida* permite uma mensuração a partir de indicadores sociométricos ou ambientais quantificáveis, como salário, número de habitações atendidas por água encanada, número de ônibus por habitantes, mortalidade infantil etc., o conceito de *desenvolvimento humano* é essencialmente qualitativo e se fundamenta nas concepções de *cidadania* e *democracia*, na *participação* política e na *liberdade*.

Segundo o PNUD (1998), apud Davanso (2003, p. 60): o “desenvolvimento humano pode ser definido como um processo abrangente de expansão do exercício do direito de escolhas individuais em diversas áreas: econômica, política, social e cultural”. O que se evidencia é que nem sempre a riqueza econômica resulta na melhoria da qualidade de vida, porém, o uso que se faz da riqueza é decisivo.

Para Davanso (2003, p. 61), o conceito de desenvolvimento humano representa um avanço na análise da qualidade de vida das sociedades dos países, um conceito integrador das dimensões da sociedade e da natureza a partir da interação entre: a) uma base material e constituída de valores objetivos: os processos físico-naturais, a produção e distribuição socioambiental e a forma como ocorrem as relações sociais de produção; e b) uma base imaterial e constituída por valores subjetivos: o simbólico, a auto-estima, a memória, os direitos humanos e a liberdade individual e coletiva.

Adotado pelo PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento e o Meio Ambiente), o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos países tem sido publicado anualmente a partir de 1990. O desenvolvimento humano passou, portanto, a ser mensurado não apenas por critérios econômicos, mas por uma associação de fatores que ampliam as opções das pessoas: as perspectivas inter-relacionadas de longevidade, educação e renda. Os índices variam numa escala gradativa de 0 a 1, na qual os valores mais baixos representam um baixo desenvolvimento humano; e os mais elevados, alto desenvolvimento humano. Complementando o IDH, foram criados

mais dois índices: o Índice de Desenvolvimento Municipal (IDH-M), uma adaptação do IDH para os estados e municípios brasileiros, e o Índice de Condições de Vida (ICV) constituído por indicadores de renda, de educação, de condições de vida da infância, de habitação e de longevidade (MENDONÇA, 2001b).

Para Auquier et al. (1997, apud MACHADO, 2003), a qualidade de vida se relaciona à saúde e compõe duas vertentes: a *teoria da utilidade*, baseada nas escolhas de vida do indivíduo e a *teoria do bem estar*, “mais precisamente ligada ao estado mental do indivíduo, por meio de uma abordagem positiva, ligada às experiências de vida”. Esta vertente se harmoniza com a definição de conforto térmico conforme *American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers* (ASHRAE): “conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa” (ASHRAE, 1981).

Segundo Bakonyi et al. (apud MACHADO, 2003), a *qualidade de vida* é afetada pela qualidade dos ambientes biogeoquímico e social em que o indivíduo ou a população se insere, em suas diversas escalas. Neste sentido, o clima planetário pode afetar a *relação de interdependência do indivíduo com o seu meio*. O homem, ou a comunidade, é um elemento ativo e co-responsável.

Embora o conceito de qualidade de vida seja relativamente recente e até mesmo, como afirma Machado (2003), se encontre ainda em formação, a deterioração das cidades tem sido uma preocupação constante desde a eclosão da Revolução Industrial. Os estudos a esse respeito vêm tomando impulso a partir de alguns períodos em que se evidencia a vulnerabilidade da humanidade associada à da natureza, como a Segunda Guerra Mundial e os movimentos ambientalistas da década de 1990.

A preocupação com a qualidade de vida das futuras gerações tem se difundido devido à intensa veiculação pela mídia, nos dois últimos anos, das questões ligadas ao meio ambiente, talvez porque os temores relativos ao futuro estejam se tornando cada vez mais presentes. Em função disso, parece haver um processo de conscientização das mudanças climáticas que ocorrem a nível global<sup>2</sup> e sua relação com as atividades humanas.

---

<sup>2</sup> Conforme Nunes (2003, p. 101-110), as alterações climáticas são parte integrante dos sistemas da Terra, registrados na sua evolução histórica. Porém, a comunidade científica vem alertando que os efeitos da ação humana têm interferido no balanço de radiação, modificando o equilíbrio planetário. Devido à alteração do uso do solo e de atividades diversas, ocorre o aumento da proporção de gases que absorvem a radiação reemitida pelo planeta, a qual, retida nas camadas mais baixas da atmosfera, eleva a sua temperatura – o efeito estufa antropogênico, que ao se sobrepor às variações naturais afeta os processos atmosféricos em suas diferentes escalas.

Para Machado (2003, p.34-35), “as variáveis de conforto ambiental urbano e qualidade da habitação refletem a qualidade do ambiente construído, quanto ao provimento de condições adequadas a uma vida humana saudável”.

O conforto térmico consiste em um importante elemento da qualidade de vida, pois, conforme Roriz (1987), proporcionará o melhor desempenho e bem estar dos indivíduos, enquanto a falta de condições térmicas adequadas pode resultar, em diferentes níveis, em desconforto térmico, na falta de saúde e até mesmo na morte.

Ao estudar as condições e qualidade de vida em Curitiba, Mendonça (2001b) encontrou uma expressiva correlação entre a variabilidade térmica diária e a variabilidade anual e diária da incidência de crimes diversos. Embora o autor ressalte que o determinismo climático não tenha razão de ser, o estudo mostrou a grande importância do clima como um dos principais elementos do meio que exercem influência direta sobre o organismo humano e também sobre sua psicologia. O conforto térmico apresenta-se, portanto, como fator importante no conjunto das condições e da qualidade de vida da população.

Nesta tese, assume-se que o conceito de *qualidade de vida* ultrapassa as fronteiras do conhecimento disciplinar e fragmentado, requerendo uma visão interdisciplinar, e que se compõe de elementos subjetivos e objetivos. Ressalta-se que a qualidade de vida se reflete na capacidade dos indivíduos de se adaptarem as condições climáticas locais, sendo, o conforto térmico por si só, um importante elemento formador da qualidade de vida. Evidencia-se assim, uma forte relação entre as *condições de vida* e a *qualidade de vida* e ainda, à *vulnerabilidade social*.

Sob a perspectiva desta reflexão a respeito das condições e qualidade de vida decorrentes do processo brasileiro de urbanização, aborda-se a seguir a evolução do Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba (AU-RMC). A contextualização histórico-geográfica do objeto de estudo é complementada pela descrição de aspectos específicos da estrutura, configuração e funcionalidade urbanas, com a finalidade de subsidiar a análise da intensa, contínua e recíproca transformação que ocorre entre o ambiente urbano e o clima.

## 2.3 AU-RMC: O CONTEXTO HISTÓRICO-GEOGRÁFICO

Curitiba é internacionalmente conhecida como cidade exemplar. Diversos *slogans* foram criados pela administração municipal em referência ao planejamento urbano realizado e como estratégia para atrair investimentos para Curitiba – “Capital de Primeiro Mundo”, “Cidade Modelo”, “Capital Ecológica” e, mais recentemente, “Capital Social”. Entretanto, a imagem positiva veiculada sobre Curitiba pelo eficiente *citymarketing*, revela-se incompatível em contraposição aos seus problemas socioambientais, constituindo um paradoxo descrito por diversos autores como Dennison de Oliveira (1995), Claudino Luiz de Menezes (1996), Fernanda Sanchez Garcia (1997), Francisco de Assis Mendonça (2001a; 2004a), entre outros.

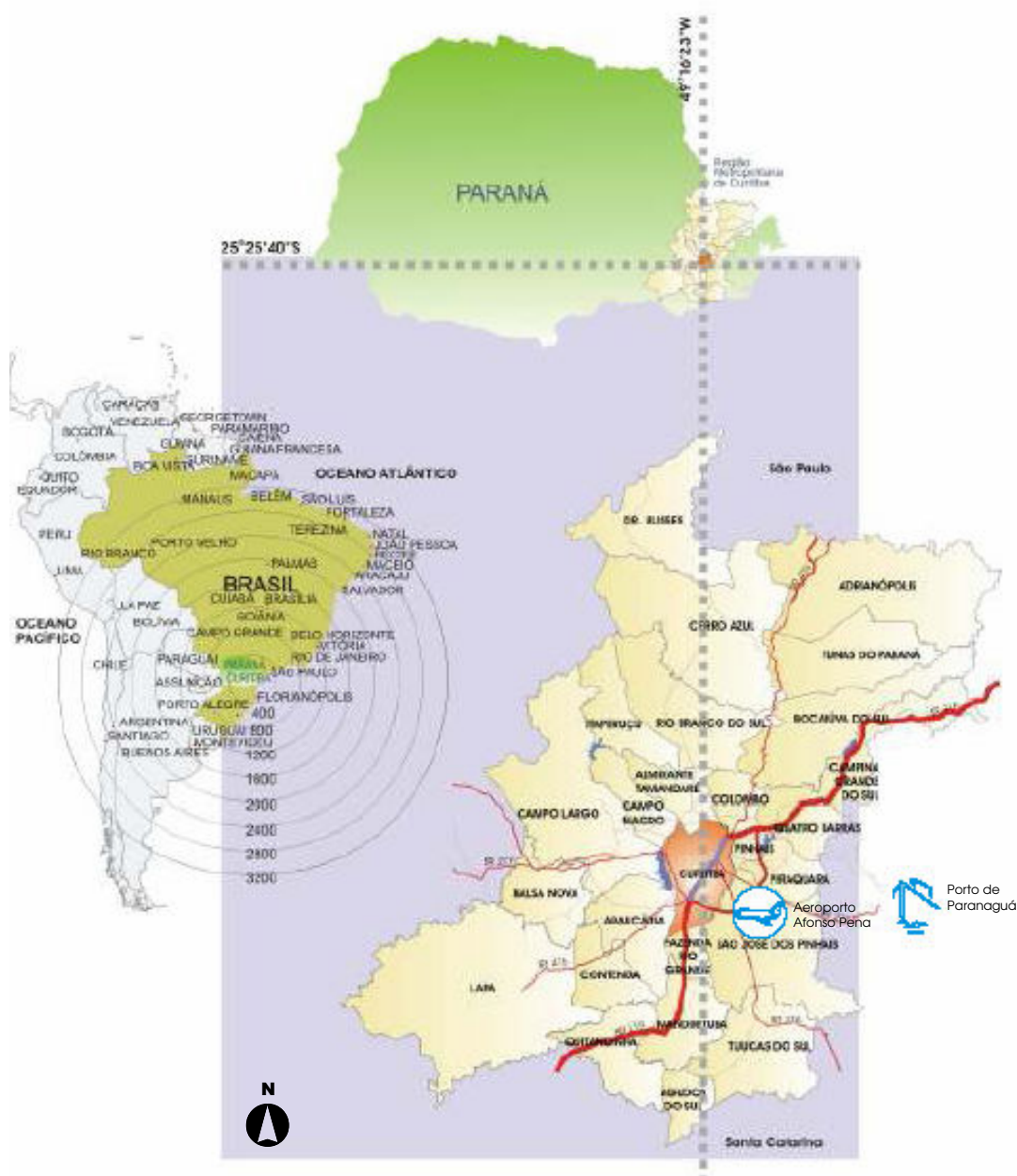
Em função do crescimento acelerado da cidade – a população saltou de aproximadamente 600.000 habitantes para um milhão e meio em três décadas – sucederam-se os Planos Urbanísticos e suas adaptações, que muitas vezes negligenciaram os critérios bioclimáticos. Assim, a interação entre o clima local, os fatores físico-territoriais e os critérios urbanísticos adotados, criaram uma configuração de espaços urbanos de qualidade climática diferenciada.

### 2.3.1 Aspectos do Planejamento Urbano de Curitiba

No Brasil, a maior parte das cidades cresceu de forma desordenada, agravando assim a deterioração do ambiente. No entanto, como uma das poucas exceções, Curitiba contou com um processo permanente e institucionalizado de planejamento urbano, desde 1943, o Plano Agache, e, posteriormente, com o Plano Serete, de 1964 e suas adaptações, a nova legislação do Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo, de 2000, e com o novo Plano Diretor de Curitiba, de 2004.

Porém, a mecanização do campo na década de 1970, associada à criação da Cidade Industrial de Curitiba – CIC, atraiu um grande número de imigrantes em busca de oportunidades trabalho. O movimento migratório foi realimentado nos anos 90, impulsionado pelo eficiente *citymarketing* municipal e pela vinda de empresas montadoras de automóveis, induzindo a um crescimento acelerado da cidade e dos municípios circunvizinhos. A Figura 2.1 apresenta a localização geográfica de Curitiba:

FIGURA 2.1 – Localização de Curitiba e da Região Metropolitana



Fonte: IPPUC, 2006

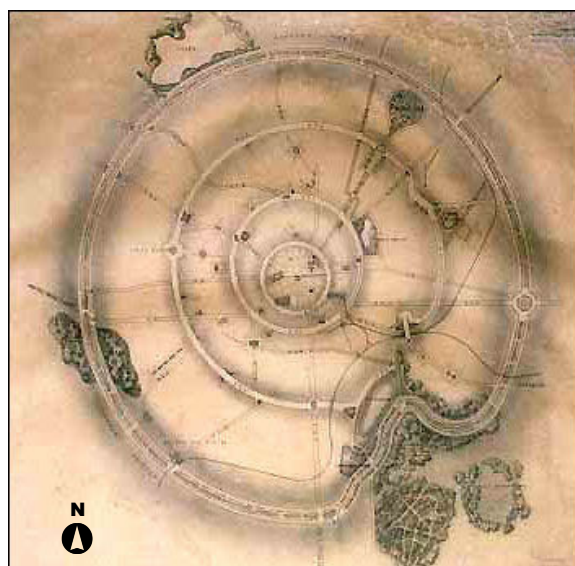
O modelo de planejamento urbano realizado até então, mostrou-se limitado em relação aos inúmeros problemas socioambientais evidenciados: ocupações irregulares em áreas de mananciais hídricos da região, inundações cada vez mais freqüentes, desconforto ambiental e poluição atmosférica agravada pela *topografia edificada* e pela organização espacial da região intensamente urbanizada, dentre outros.

Assim, os efeitos do crescimento acelerado aliado ao planejamento urbano e à particularidade climática (maior desconforto por frio durante o ano), tornam relevante o questionamento do modelo de planejamento urbano de Curitiba, que, mesmo tido como exemplar, não considera o impacto das ações urbanas no clima local.

### Anos 40: Plano Agache

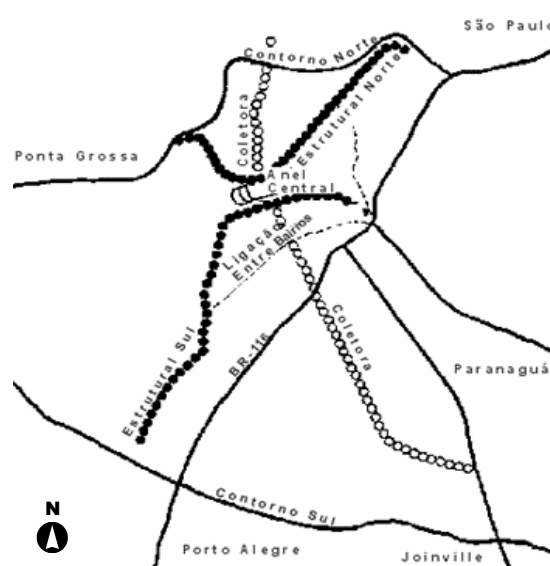
O Plano Agache, de 1943 (Fig. 2.2), propunha um sistema de circulação com vias circulares e concêntricas e priorizava as questões de saneamento, de descongestionamento do tráfego e o zoneamento da cidade em setores funcionais, inspirado nos preceitos da Carta de Atenas, de 1933: “habitar, trabalhar, locomover-se e cultivar o corpo e o espírito”. As zonas estabelecidas foram: a comercial (centro), a administrativa (Centro Cívico), a militar (Bacacheri), a esportiva (Tarumã), a de abastecimento (Mercado Municipal), a de educação (Centro Politécnico) e a industrial (Rebouças).

FIGURA 2.2 – Plano Agache



Fonte: IPPUC, 2006

FIGURA 2.3 – Plano Serete



Fonte: IPPUC, 2006

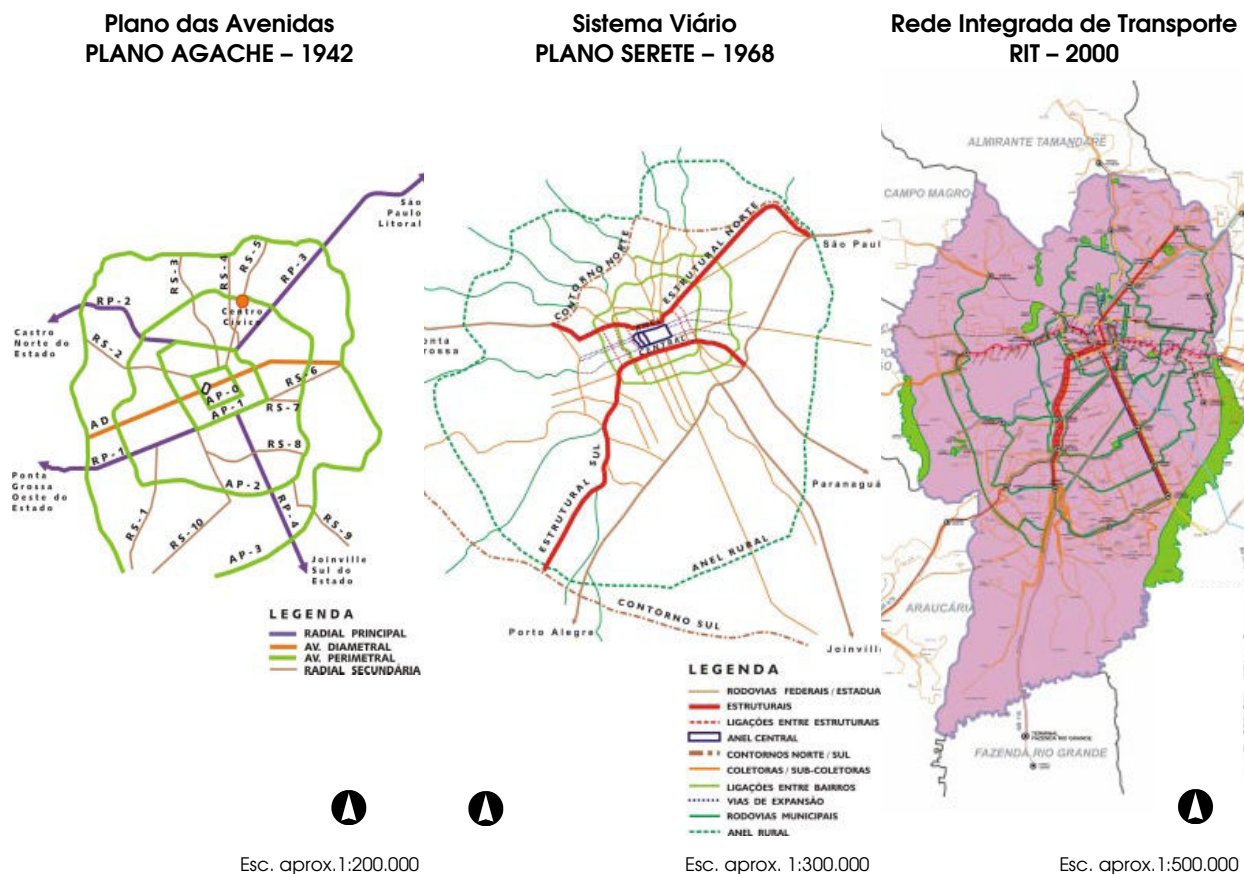
### Anos 70: Plano Serete

O Plano Diretor de Curitiba, de 1964 (Fig. 2.3), autoria do arquiteto paulista Jorge Wilhem, também denominado Plano Preliminar de Urbanismo ou Plano Serete, alterou a configuração radial adotando o sistema linear de vias de circulação.

Esse sistema, formulado tendo como principal fundamento a hierarquia viária e a estruturação do zoneamento, visava conduzir o fluxo de veículos e organizar o crescimento urbano ao longo das **Vias Estruturais Norte e Sul**, que foram implantadas em 1974 e que coincidiram com as direções naturais de expansão da cidade. A ligação das vias estruturais com o centro ocorreu por meio da criação do Anel Central de Tráfego Lento.

A Figura 2.4 apresenta evolução dos planos urbanos quanto ao sistema viário principal.

FIGURA 2.4 – Evolução do Sistema Viário de Curitiba



Fonte: IPPUC, 2002

O conceito de *cidade-jardim*, que pretendia “isolar no Sol e no verde os edifícios que deixam de ser ligados uns aos outros”, foi inicialmente proposto ao longo das Vias Estruturais, embora mais tarde tenha sido alterado para um padrão de ocupação de bem maior densidade. Oba (2004) discute os conceitos da *cidade linear*, de Arturo Soria y Mata, e das *ciudades-jardins*, de Ebenezer Howard, dentre as diversas utopias do século XIX que serviram de inspiração aos arquitetos modernos. Os dois conceitos são revisitados nos Planos Urbanos de Curitiba, tendo prevalecido o conceito da *cidade linear*.

O Plano Serete se apoiava no tripé: Uso do Solo, Sistema Viário e Transporte Coletivo. Ao longo das Vias Estruturais o plano estabeleceu um uso do solo de alta densidade e potencial construtivo, que concentrava serviços, habitação e infra-estrutura. As principais diretrizes eram:

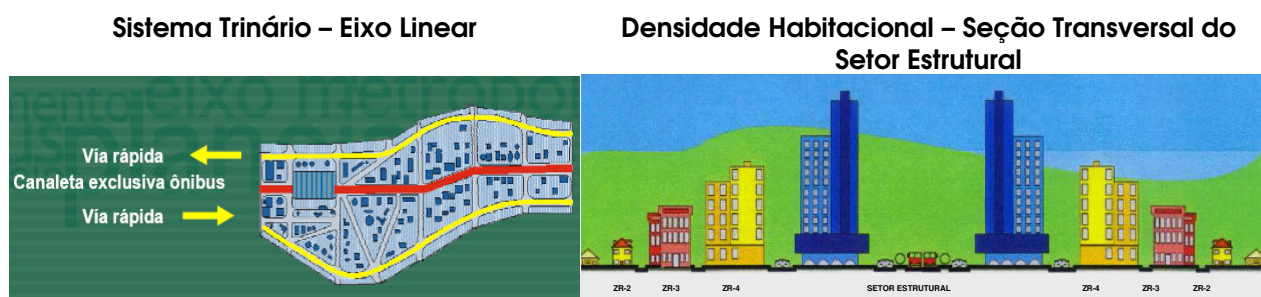


- ocupação e usos diferenciados do solo;
- mudança da configuração radial para linear;
- hierarquização do sistema viário;
- descongestionamento da área central;
- pedestrialização do centro;
- contenção da população dentro dos limites físico-territoriais da cidade; e
- Industrialização em áreas próprias.

As ampliações do Plano Serete, atendendo aos apelos da especulação imobiliária, o explosivo crescimento populacional de Curitiba e dos municípios vizinhos e o incentivo à instalação de indústrias em toda a Região Metropolitana, alteraram significativamente as condições climáticas e de conforto ambiental na cidade como um todo. Em outra escala, a formação dos **cânions urbanos nas Vias Estruturais** evidencia uma das mais radicais transformações das paisagens intra-urbanas e, conseqüentemente, do seu microclima. O zoneamento de uso do solo estabelecido privilegiou uma faixa definida como **Zona Estrutural**, resultando na concentração de edifícios altos ao longo das Vias Estruturais e determinando a configuração espacial peculiar da cidade (Fig. 2.5).

As adaptações que se sucederam em quase 25 anos do Plano Serete incluem: as Vias Estruturais; o abandono do conceito cidade-jardim; o crescimento urbano orientado pelo Sistema Linear; o Sistema Trinário; a Rede Integrada de Transporte; o Plano Massa; a maciça verticalização ao longo dos eixos; e o adensamento da população em vias rápidas.

FIGURA 2.5 – Setor Estrutural: Sistema Trinário e densidade habitacional



Fonte: IPPUC, 2002



O Sistema Trinário é composto de uma via central com uma canaleta exclusiva para o ônibus expresso, ladeada por duas vias de tráfego local com estacionamento. Mais duas vias paralelas de tráfego rápido em mão única foram associadas, uma em direção ao bairro e a outra em direção do centro. Esse sistema significou um importante impacto sobre a paisagem urbana. Ao rasgar a cidade, os Eixos Estruturais transformaram radicalmente o sistema urbano polinuclear que configurava os bairros tradicionais, descaracterizando-os. A transformação da paisagem urbana foi irreversível, afetando mesmo os marcos mais tradicionais (OBA, 2004).

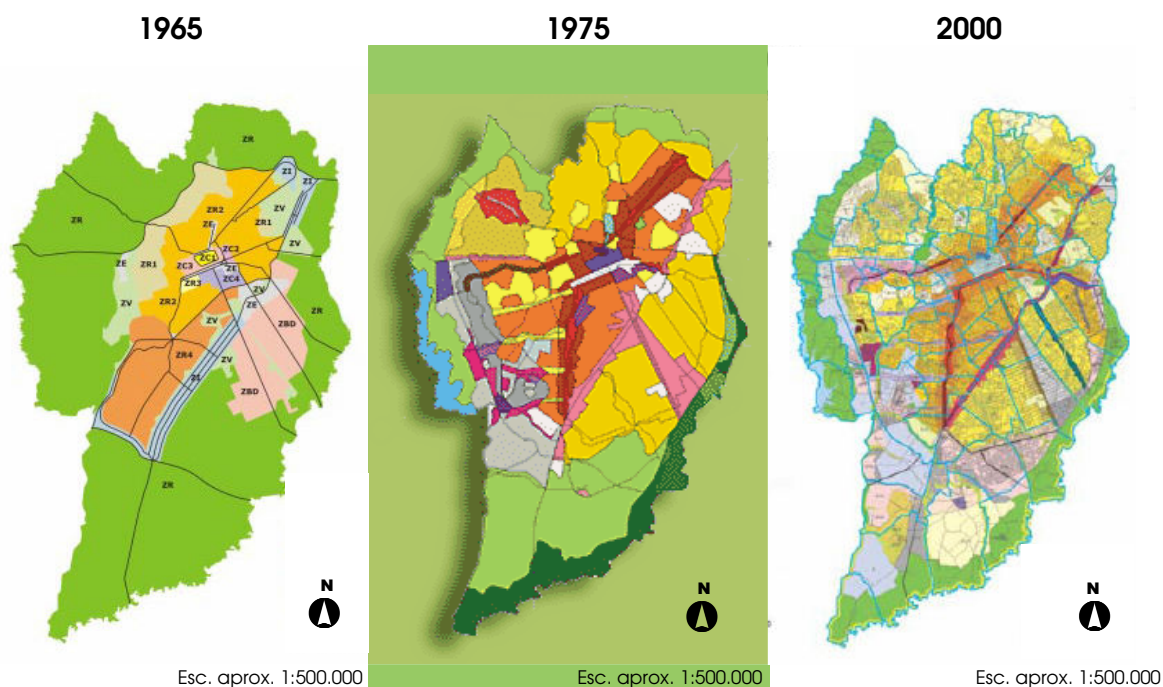
O novo perfil urbano que se caracteriza pela maciça verticalização ao longo dessas vias constitui uma topografia edificada que atua como uma cortina de concreto, canalizando os ventos ou atuando como barreira à livre circulação do ar, não favorecendo a dispersão dos poluentes atmosféricos. Os edifícios propiciam a criação de campos térmicos diferenciados e a formação de cânions urbanos (DANNI-OLIVEIRA, 2000).

Na via central, as novas construções se adaptaram ao Plano Massa, tendendo à crescente uniformização da paisagem urbana em detrimento da tipologia tradicional e das identidades locais. A mudança do uso do solo e o novo sistema de transporte urbano pelas vias estruturais que passavam pelos antigos centros dos bairros alteraram as relações espaciais dos seus moradores. Interligando os centros dos bairros, o comércio estendido ao longo das estruturais configurou um “centro estendido”, uma paisagem contínua e linear, margeada de torres concentradas, viabilizadas pelo novo zoneamento urbano (OBA, 2004).

Assim, em Curitiba, a partir da década de 1970 e na ausência de grandes recursos naturais, as Vias Estruturais passam a ser os novos referenciais urbanos, lineares e baseados no tráfego, que orientam e promovem a compreensão da cidade como um todo. Utilizar as ruas principais que ligavam os centros dos bairros ao centro da cidade como Vias Estruturais foi como destacá-los, ao mesmo tempo modificando-os com a concentração de edifícios altos e do comércio, o transporte de massa e a hierarquia viária diferenciados (OBA, 2004).

Na Figura 2.6, pode-se observar a evolução do zoneamento, em função do crescimento da cidade de Curitiba em direção aos limites municipais e sua complexificação, à medida que tendeu a se conurbar com as cidades vizinhas.

FIGURA 2.6 – Evolução do Zoneamento do Uso do Solo de Curitiba



Fonte: IPPUC, 2002

### Zoneamento de 2000

Novos parâmetros de Uso e Ocupação do Solo foram estabelecidos pela Lei Municipal nº 9800/2000. A nova legislação, visando melhorar as condições de iluminação, ventilação e insolação, ainda que não defina o limite de altura para os novos edifícios, fixa o afastamento de suas laterais na proporção de um sexto da altura. Nos Setores Estruturais, os edifícios, anteriormente, contavam com apenas dois metros de afastamento entre eles. Sobre esse aspecto, não se pode ainda avaliar *in situ* o resultado dos novos parâmetros, pois há poucos edifícios já construídos após a promulgação da nova legislação.

A nova lei manteve o conceito de zoneamento funcional, a hierarquização do sistema viário e o sistema de transporte coletivo, bem como o adensamento habitacional e de atividades comerciais e de serviços; foram definidos seis novos eixos de adensamento, mas com uma preocupação em evitar formação de áreas de sombra e melhorar as condições de insolação e ventilação mediante os parâmetros de uso do solo; alterou-se a configuração de linear para pluriaxial; o planejamento e o controle ambiental não foram realizados por unidades fisiográficas como as microbacias de drenagem; os dispositivos da nova lei de zoneamento permitiram projetar a população da cidade para seis milhões de habitantes; manteve-se a intenção de expansão em direção a Sudeste/Sudoeste de Curitiba.

### **Zoneamento de 2004**

O Plano Diretor de Curitiba, de 2004, buscou a consolidação da estrutura da cidade e consistiu na adequação do Plano Diretor ao Estatuto da Cidade – Lei Federal nº 10.257/01, para orientação e controle do desenvolvimento integrado do Município. Curitiba, agora em um contexto de metropolização, busca a democracia participativa e a função social da propriedade e da cidade. Até dezembro de 2007, deverão ser realizados em todos os municípios da RMC os Planos Setoriais de Mobilidade Urbana e Transporte Integrado, Plano de Habitação de Interesse Social; Plano de Desenvolvimento Econômico; Plano de Desenvolvimento Social; Plano de Defesa Pública e Defesa Social e Plano de Controle Ambiental e Desenvolvimento Sustentável.

Ao analisar a cidade sob parâmetros ambientais, Mendonça (2002b) constata que a cidade apresenta, na realidade, um planejamento urbano muitas vezes negligente para com os recursos naturais e fortemente excludente, evidenciando descaso para com a qualidade de vida da população. Contradizendo a imagem de “Cidade Ecológica” e “Cidade Social” veiculadas, os rios que cortam as áreas mais urbanizadas de Curitiba têm a qualidade de suas águas altamente comprometida devido principalmente ao esgotamento sanitário doméstico, mas também ao industrial. Cerca de 50% dos domicílios urbanos são ligados à rede de esgotamento sanitário e se localizam de forma a privilegiar uma parcela da população, evidenciando a exclusão social da periferia urbana e dos locais onde se concentram as sub-habitações e onde também ocorrem os mais elevados índices de doenças relacionadas à insalubridade.

O índice de áreas verdes apresentado pela municipalidade, de cerca de 53 m<sup>2</sup>/hab, é questionado pelo referido autor, que salienta ainda a distribuição fortemente excludente dos parques de uso público, concentrados na porção Norte da cidade, onde se concentram as classes mais favorecidas da população. A porção Centro-Sul, carente de parques e de equipamentos de lazer gratuito é justamente onde se encontra a população de mais baixa renda do município, onde ocorrem as mais graves inundações urbanas e os mais elevados índices de criminalidade urbana.

O referido autor questiona a eficiência do Programa “Lixo que não é lixo”, um dos baluartes do conceito de Cidade Ecológica; a falta de solução para destino dos resíduos sólidos urbanos como alternativa para o aterro da Cachimba, praticamente esgotado em sua capacidade; e as condições miseráveis de vida de cerca de três mil catadores de papel, que sobrevivem recolhendo lixo na cidade.

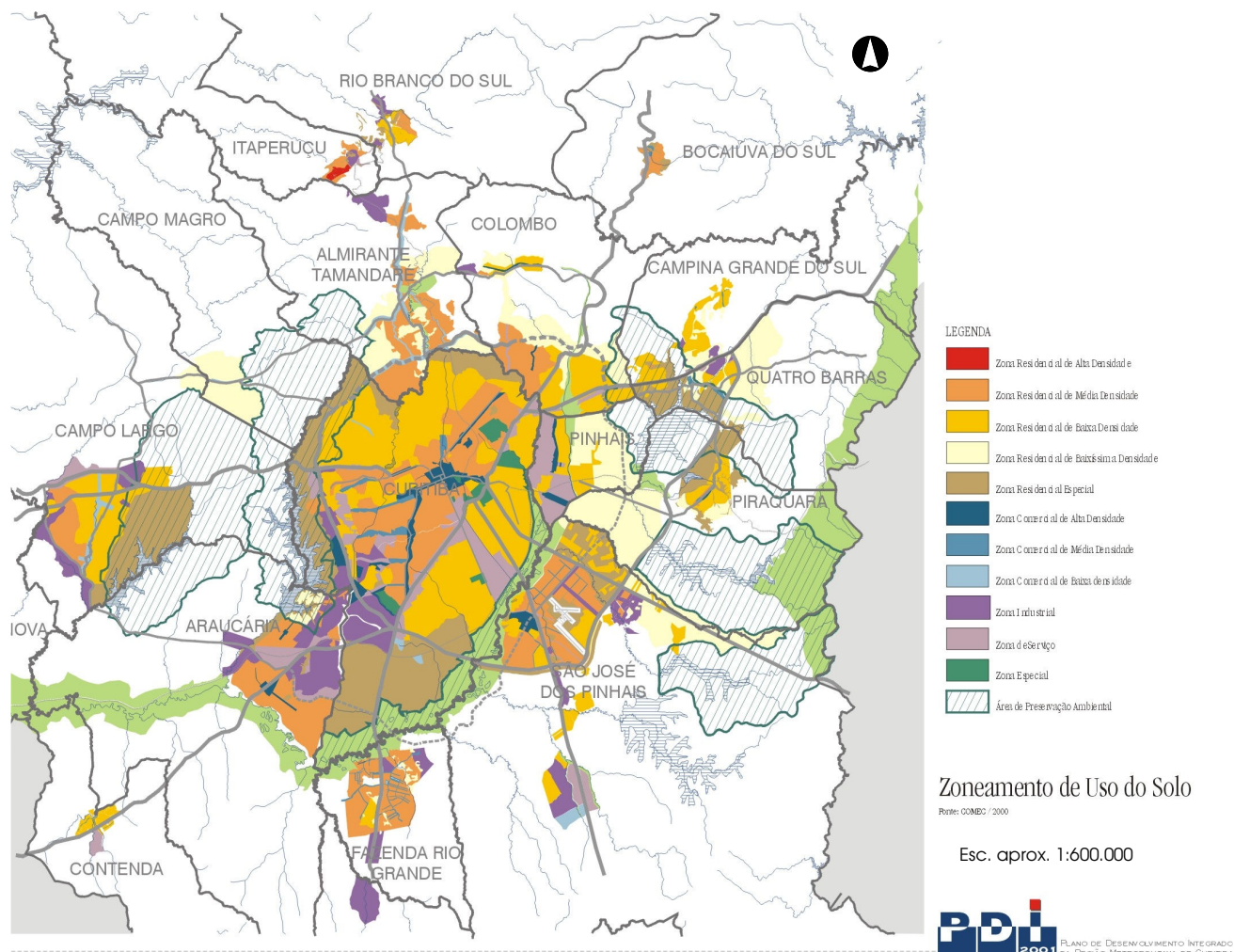
Mendonça (2002b) cita, ainda, a degradação da qualidade do ar em Curitiba, relacionada principalmente à localização das indústrias em diversos locais do Aglomerado Urbano; ao transporte urbano nas áreas centrais; e à mineração de calcário, ao Norte. Contribuindo para a configuração espacial da poluição – a maior concentração de poluentes na área central de Curitiba, onde se concentra o maior fluxo de veículos (DANNI-OLIVEIRA, 2000) – o sistema de transporte urbano, considerado como eficiente e de qualidade, foi implementado seletivamente privilegiando a área central.

Para Mendonça (2002b), uma das causas da degradação da natureza e da intensificação do processo de exclusão social, foi a gestão estanque do território, a falta de integração dos objetivos e dos planos de ação entre a cidade pólo e os demais municípios da região metropolitana.

Porém, há indícios de que uma maior integração intermunicipal começa a se delinear a partir do Plano Diretor de Curitiba de 2004, embora a COMEC (Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba) venha realizando planos regionais desde sua criação, em 1974, como o Plano de Desenvolvimento Integrado (PDI) para a RMC de 1978 e suas atualizações. Lamentavelmente, por dificuldades de implantação e de fiscalização, estes planos não foram totalmente implementados ou respeitados. De acordo com Lima (2000), o processo de urbanização foi, na realidade, realizado contrariamente ao PDI.

A Figura 2.7 apresenta a Carta de Zoneamento de Uso do Solo, conforme previsto pelo PDI para a RMC, COMEC (2002a).

FIGURA 2.7 – Zoneamento de Uso do Solo no Plano Diretor da RMC



Fonte: PDI-2001/COMEC, 2002a

### 2.3.2 A Evolução Espacial da Mancha Urbana

O crescimento de Curitiba se deu tanto vertical como arealmente, extrapolando os limites municipais e envolvendo cidades vizinhas pelo processo de conurbação. A formação dessa mancha de ocupação de alta densidade demográfica e sua intensa relação funcional constituiu o aglomerado urbano, com uma população de acima de 2.300.000 habitantes, dos quais mais de 1.750.000 se concentram no município de Curitiba. A mancha urbana compreende ainda parte dos municípios de Almirante Tamandaré, Araucária, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Campo Magro, Colombo, Fazenda Rio Grande, Pinhais, Piraquara, São José dos Pinhais e Quatro Barras. A área total do município de Curitiba é de 430 km<sup>2</sup>, 100% urbanizados. A área do AU-RMC é de 1.051,31 km<sup>2</sup>, ou seja, 8,1% do território da Região Metropolitana, com 13.040,76 km<sup>2</sup> (COMEC, 2006).

A Tabela 2.1 apresenta o crescimento da população urbana dos municípios da Região Metropolitana. Em destaque, os municípios do AU-RMC:

TABELA 2.1 – Região Metropolitana de Curitiba – População Urbana – 1970 a 2000

Município	1970	1991	2000	Tx Geom Anual Méd 2000/91
Adrianópolis	11.540	8.935	7.007	-2,66
Agudos do Sul	5.432	6.076	7.221	1,94
Almirante Tamandaré	15.299	54.560	88.277	5,49
Araucária	17.117	61.889	94.258	4,79
Balsa Nova	4.704	7.515	10.153	3,40
Bocaiúva do Sul	10.697	7.361	9.050	2,32
Campina Grande do Sul	7.891	19.343	34.566	6,66
Campo Largo	34.405	72.523	92.782	2,78
Campo Magro*		11.599	20.409	6,48
Cerro Azul	18.363	16.082	16.352	0,19
Colombo	19.258	117.767	183.329	5,04
Contenda	7.224	8.941	13.241	4,46
Curitiba	609.026	1.315.035	1.587.315	2,11
Doutor Ulysses*		4.991	6.003	2,07
Fazenda Rio Grande*		25.065	62.877	10,76
Itaperuçu*			19.344	2,39
Lapa	32.122	40.150	41.838	0,46
Mandirituba	11.036	13.271	17.540	3,15
Pinhais*		75.536	102.985	3,50
Piraquara	21.253	31.346	72.886	9,83
Quatro Barras	4.066	10.007	16.161	5,47
Quitandinha	10.853	14.418	15.272	0,64
Rio Branco do Sul	25.133	38.296	29.341	6,03
São José dos Pinhais	34.124	127.455	204.316	5,38
Tijucas do Sul	7.848	10.224	12.260	2,04
Tunas do Paraná*		3.296	3.611	1,02
AU-RMC	787.572	1.960.421	2.608.846	3,23
RMC	907.391	2.101.681	2.768.394	3,11

Fonte: Vicentini et al., 2004; IBGE, 2006/PDI, 2002

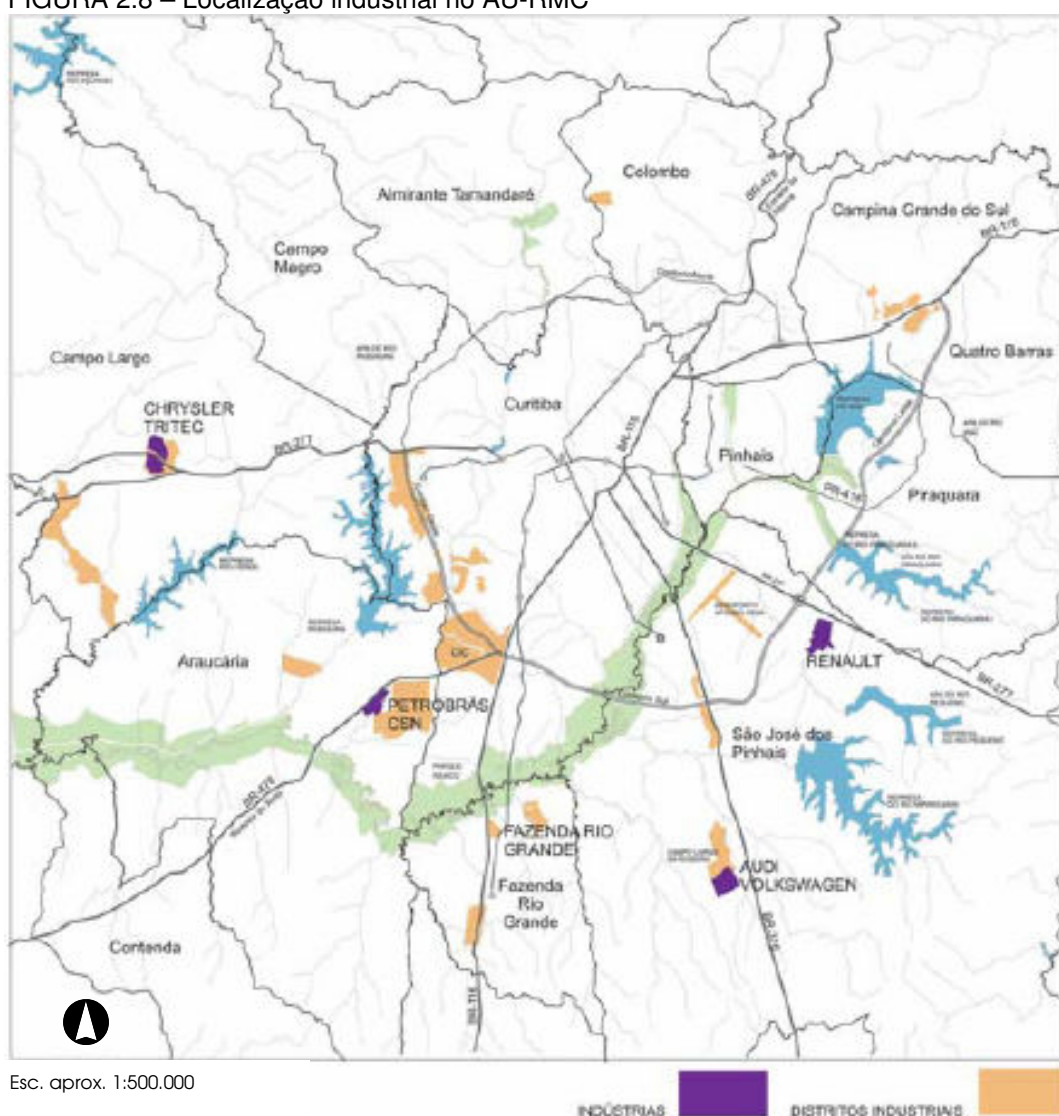
\* Municípios novos

A nova lógica espacial da implantação das indústrias, a partir de 1990, contribuiu significativamente para a formação do Aglomerado Urbano. Os governos locais e estadual, visando atrair as grandes empresas, se submeteram às exigências feitas por elas, contrariando as diretrizes traçadas no Plano de Desenvolvimento Integrado (PDI), elaborado para a RMC no final dos anos 70. O Plano definia dois distritos industriais, formando uma grande área industrial a Sudoeste do município de Curitiba e previa a expansão industrial ao longo do eixo Oeste, que ligava estes dois distritos da RMC ao Norte do Paraná.



A estratégia prevista para o Leste da cidade, onde se encontram os mananciais de abastecimento de água, nos municípios de São José dos Pinhais e Piraquara, era a de inibir o uso industrial. “No entanto”, constata Firkowski (2002, p. 94), “apesar dessas determinações, e contradizendo-as, a maioria absoluta das novas indústrias na atualidade se localiza exatamente onde se previa sua inibição, ou seja, a Leste, onde estão os principais mananciais de abastecimento de água” (Fig. 2.8).

FIGURA 2.8 – Localização industrial no AU-RMC

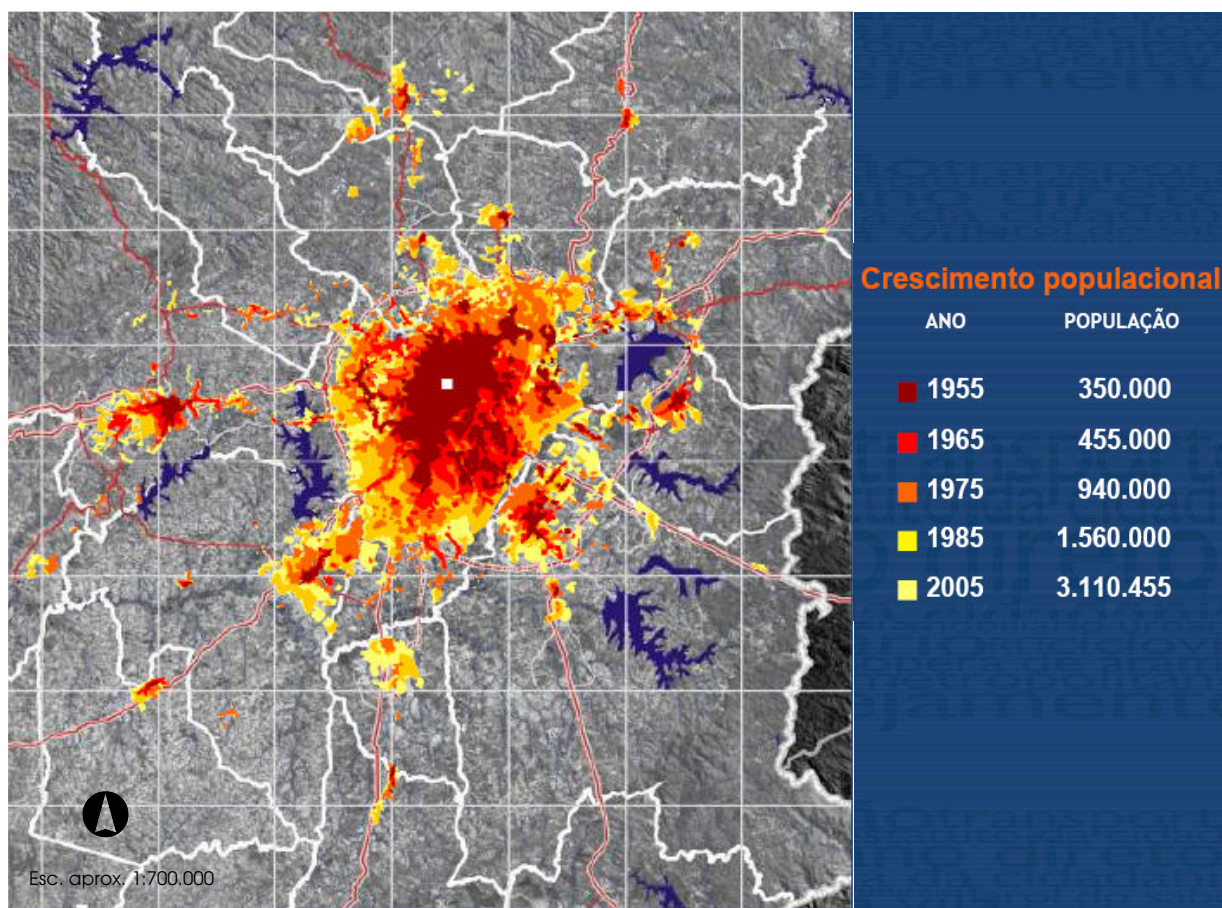


Fonte: COMEC, 2002a

Nesta nova fase da indústria, agora sob o paradigma da produção flexível<sup>3</sup>, modifica-se a concepção de distrito industrial, pois as indústrias fornecedoras das montadoras automobilísticas instalam-se junto às indústrias principais, atraindo à instalação novas atividades econômicas e levando a um aumento da população.

A Figura 2.9 mostra a evolução gradativa da mancha urbana até a década de 1990, e, a partir dela, o extravasamento do núcleo urbano de Curitiba para a Região Metropolitana formando o Aglomerado Metropolitano, impulsionado pela instalação das montadoras automobilísticas e pelo *citymarketing*.

FIGURA 2.9 – Crescimento populacional da Região Metropolitana de Curitiba entre 1955 e 2005



Fonte: Fragomeni, 2006

<sup>3</sup> A modificação da lógica da implantação industrial em função do paradigma da produção flexível vigente que se seguiu à forma de produção fordista, bem como seus efeitos na configuração espacial do AU-RMC, são objeto de análise de Firkowski (2002).



O processo de urbanização promovido pela aprovação de loteamentos entre 1949 e 1994 foi estudado por Lima (2000). A forte pressão da urbanização sobre os mananciais da região metropolitana pode ser avaliada pelo padrão de apropriação de áreas para urbanização no contexto da bacia do Altíssimo Iguaçu, que produzem aproximadamente 8.100 l/s (ANDREOLI et al., 2003, p. 66). A área urbanizada passa de 1.746 ha em 1976 para 11.352 ha em 1999: um crescimento da ordem de 550%.

A localização dos distritos industriais no subsistema Leste da RMC, em área prevista no PDI como de preservação de mananciais, a alteração da legislação para favorecer a localização das indústrias fornecedoras das montadoras e a instalação de sub-habitações principalmente em áreas de risco tornaram-se questões complexas.

No município de Curitiba, núcleo economicamente dinâmico, com atividades terciárias e quaternárias e pólo da região metropolitana, foram identificados cerca de 60.000 domicílios em mais de 300 áreas de habitação irregular – mas este quadro se estende aos municípios limítrofes (VICENTINI et al., 2004).

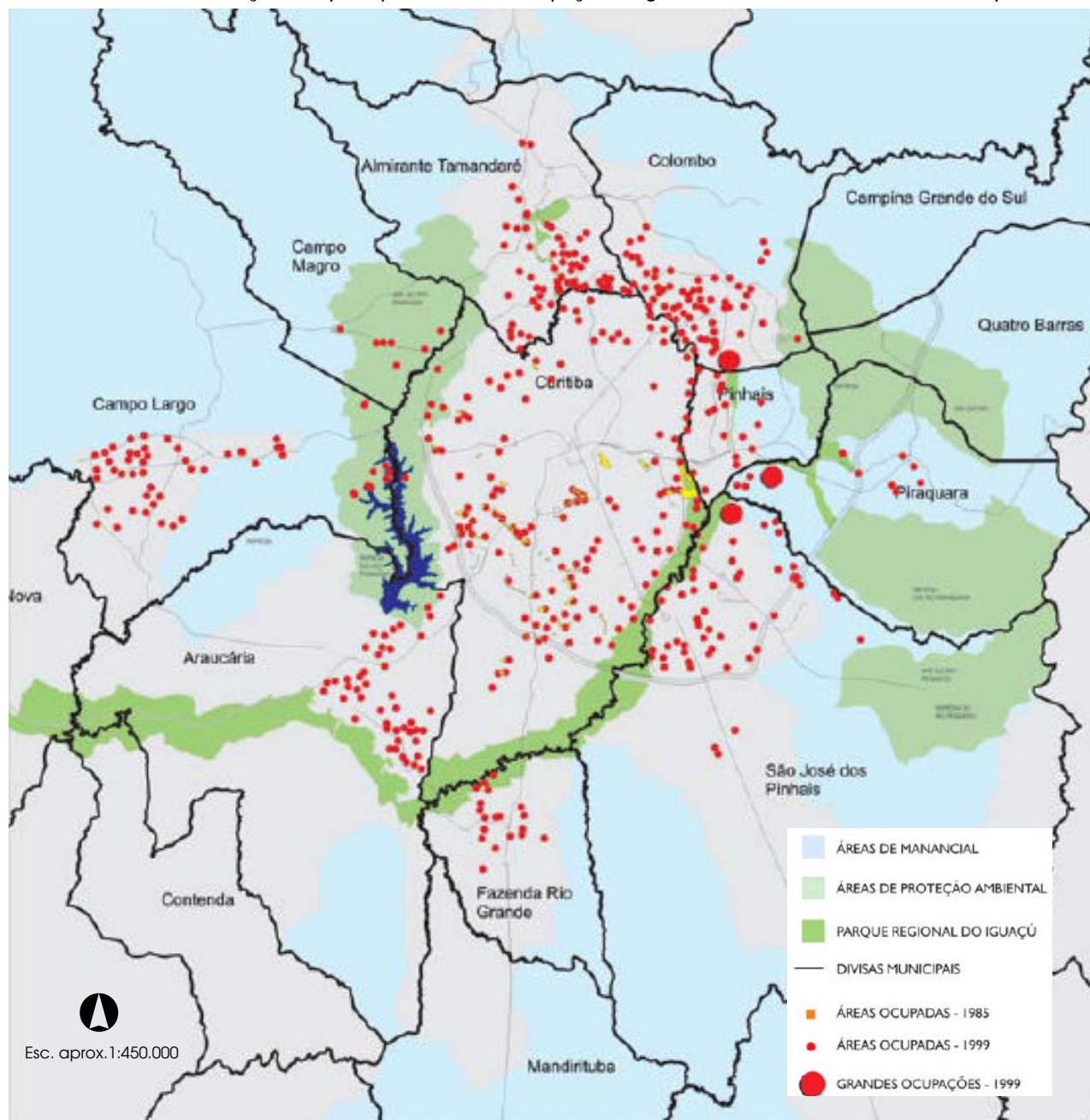
Como se observa na Tabela 2.2 e na Figura 2.10, os municípios de Almirante Tamandaré e Colombo situados ao Norte, apresentam a maior concentração de ocupações irregulares. Porém, a partir de 1992 ocorreu um acelerado crescimento de assentamentos irregulares, nos municípios de Pinhais, Piraquara e São José dos Pinhais, ao Leste.

TABELA 2.2 – Evolução das ocupações irregulares no AU-RMC, entre 1992 e 1998

Município	Nº de unidades		População em ocupações irregulares		Taxa de crescimento (%)
	1992	1998	1992	1998	1999
Almirante Tamandaré	1.536	4.785	6.451	17.705	18,32
Araucária	509	1.552	2.102	5.742	18,23
Campina Grande do Sul	188	584	788	2.161	18,31
Campo Largo	423	730	1.709	2.701	7,93
Campo Magro	0	1.723	0	6.375	N/d
Colombo	3.303	6.253	13.740	23.136	9,07
Curitiba	44.713	53.162	165.438	196.699	2,93
Fazenda Rio Grande	440	1.557	1.874	5.761	20,58
Pinhais	1.556	2.293	6.302	8.484	5,08
Piraquara	197	4.199	648	15.536	69,81
Quatro Barras	0	0	0	0	N/d
São José dos Pinhais	581	3.838	2.353	14.201	34,93
Total RMC	54.161	82.446	204.442	305.050	6,9

Fonte: Vicentini et al., 2004; COMEC, 1999

FIGURA 2.10 – Localização das principais áreas de ocupação irregular na RMC versus Eixos de Transporte



Fonte: PDI-2001/COMEC, 2002a

Estes assentamentos são geralmente constituídos por favelas, conjuntos de sub-habitações que apresentam carência generalizada, precariedade física e exclusão social. A expansão das áreas de ocupações irregulares no Aglomerado Urbano, “retrata a pressão demográfica migratória da última década” e “o processo de segregação espacial” (VICENTINI et al., 2004).

### 2.3.3 A Estrutura e a Configuração Urbanas

O desenvolvimento urbano resultou em uma cidade na qual se destacam não só as áreas verdes, o sistema viário e a variação da localização das indústrias ao longo do tempo, mas também a diversidade socioespacial das habitações e os problemas ambientais. A configuração espacial se caracteriza, hoje, principalmente pela maciça verticalização ao longo das Vias Estruturais, que transformou de forma radical o sistema urbano polinucleado pré-existente, acarretando em um importante impacto ambiental na paisagem urbana e nos aspectos do conforto ambiental. Ao longo dos Eixos Estruturais, criados para direcionar o crescimento da cidade e o fluxo de veículos, o zoneamento proporcionou a construção de altos edifícios que formam cânions urbanos alterando os campos térmicos, a iluminação natural, a ventilação e a qualidade do ar.

O padrão de construção permitido pelo zoneamento vigente associa-se às outras características do terreno e do microclima local, configurando condições de conforto/desconforto mais evidenciadas ou intensificadas, que merecem ser investigadas.

Suga (2005) averiguou condições de iluminação natural nos cânions urbanos contidos no Setor Estrutural da cidade, analisando diferentes orientações solares e seu potencial para maior aproveitamento das condições de iluminação para prédios contidos nestes eixos. O objetivo foi investigar as relações de altura de prédios ( $H$ ) com relação ao espaçamento entre os mesmos ( $W$ ), analisando-se os períodos de inverno e verão. A legislação referente ao Setor Estrutural não estabelece limitação de altura e peculiaridades como orientação axial e latitude são desconsideradas, sendo bastante prejudicadas as condições de iluminação e a incidência solar em situações críticas como durante o período de inverno em ambientes de primeiro pavimento.

Este fato poderia ser amenizado caso houvesse uma legislação de uso do solo com limitação de alturas e dispositivos que garantissem o acesso ao Sol e à luz, o que em tese favoreceria um melhor uso da energia solar na forma de calor e iluminação (ASSIS, 2002).

A Figura 2.11 mostra como os setores estruturais modificaram a estrutura e a topografia edificada de Curitiba.

FIGURA 2.11 – A estrutura urbana e a topografia edificada de Curitiba



Fonte: IPPUC, 2006

Danni-Oliveira (2000) analisou a variabilidade dos parâmetros físico-químicos no âmbito da camada de ar intra-urbano (*canopy layer*), resultante da dinâmica atmosférica regional e da configuração e da funcionalidade da cidade de Curitiba, no inverno. A espacialização dos contaminantes do ar na cidade se revelou de forma singular diante de uma estrutura urbana em que a *topografia edificada*<sup>4</sup> tende a confinar poluentes. A dinâmica atmosférica regional, em que o sistema Anticiclônico Migratório Polar Atlântico propicia situações de estagnação atmosférica, notadamente no inverno, resulta no comprometimento da qualidade do ar neste período. Os episódios mais críticos estavam mais frequentemente

<sup>4</sup> Embasada em Monteiro (1990a, p.11), para quem a cidade constitui a “edificação de um novo contexto topográfico” sobre “o contexto geo-ecológico primitivo”, Danni-Oliveira utiliza o termo *topografia edificada* ao descrever a verticalização que vem ocorrendo em Curitiba ao longo dos Eixos Estruturais desde a implantação do Plano Massa, em 1980, chegando a atingir 80 metros de desnível sobre o sítio urbano. À este sítio, de feições topográficas suaves com desníveis máximos de 100 metros e apenas em algumas áreas limitadas, “impôs-se nos sentidos Norte-Sul, Leste-Oeste, a citada *topografia edificada*, preferencialmente ao longo dos terrenos de cota média de 900 metros, ou cruzando os vales fluviais de 850 metros de altitude, que se intercalam, com estes ‘espigões’. Esta verticalização, ao configurar-se como verdadeira cortina de concreto, tende a alterar a rugosidade da superfície local [...]” (DANNI-OLIVEIRA, 2000, p.108).

associados ao domínio da massa Polar Atlântica, e secundariamente de sua frente, em situação de ausência de chuvas.

A ação dos ventos, combinada às características morfo-estruturais dos Eixos Estruturais, formou áreas ora concentradoras, ora receptoras ou canalizadoras de contaminantes (cânion das edificações). O adensamento das torres residenciais sem recuos entre elas impede a permeabilidade para a ação dos ventos, desfavorece a dispersão dos poluentes e induz à geração de contaminantes pelo aumento do fluxo de veículos. Desta forma, relacionam-se o fluxo de veículos, a ação transportadora do vento e sua interação com as edificações e os aspectos espaciais de qualidade do ar da camada intra-urbana de Curitiba.

Mendonça e Dubreuil (2005), ao investigar o clima da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) utilizando dados meteorológicos e comparando-os aos resultados das análises por meio de imagens de satélite e análise rítmica, concluíram que o campo térmico do Aglomerado Urbano forma arquipélagos de ilhas de calor e de ilhas de frescor, embora se apresente como uma mancha mais quente e homogênea do que a área rural circunvizinha. Na imagem Landsat TM 02/09/2002, os autores constataram que os “efeitos da urbanização, da industrialização, da densidade da cobertura vegetal e da topografia” se destacam no campo térmico da RMC (MENDONÇA e DUBREUIL, 2005, p. 29). A diferenciação de temperaturas revelou paisagens intra-urbanas que apresentaram simultaneamente uma amplitude térmica de 8 K correspondentes aos diversos tipos de usos do solo e ao planejamento urbano. Distinguem-se claramente, na imagem relativa à composição colorida e ao canal termal, os Eixos Estruturais de transporte e a alta densidade das edificações ao longo destes, bem como a CIC (Cidade Industrial de Curitiba), por acumularem maior calor devido às suas superfícies mineralizadas e de menor albedo que as áreas vizinhas. Ainda no espaço intra-urbano, destacaram-se as superfícies líquidas devido à sua importante retenção do calor: os lagos dos parques Barigüi e São Lourenço. As áreas vegetadas, devido ao maior albedo, apresentaram temperaturas mais baixas.

## 2.4 URBANIZAÇÃO, CLIMA E CONFORTO TÉRMICO

Espaço inteiramente transformado pelas ações humanas, a cidade tem entre suas mais evidentes manifestações a formação de um clima próprio, resultante dessas “modificações radicais que os processos de urbanização produzem na natureza da superfície e nas propriedades atmosféricas de dado local” (OKE, 1978).

O efeito da atuação humana ocorre simultaneamente por meio das modificações introduzidas por ela direta e conscientemente no espaço e mediante aquelas derivadas deste mesmo espaço transformado e das atividades urbanas, das quais decorrem a contaminação e o surgimento de um clima específico.

A estes graves impactos da urbanização sobre a natureza (as alterações das superfícies e da conformação do sítio e o surgimento do clima urbano), acrescentam-se ainda outros impactos, aqueles que atingem a sociedade: as conseqüências na qualidade de vida das pessoas. Estas ocorrem de formas diferenciadas conforme a inter-relação entre as características das pessoas e dos espaços intra-urbanos que habitam, as especificidades do clima e os aspectos dinâmicos do tempo, resultando em distintos níveis de conforto térmico urbano.

Desta forma, há uma dupla relação: os complexos mecanismos desencadeados pelos habitantes da cidade alteram o clima, ao mesmo tempo em que a população tem sua qualidade de vida influenciada por ele.

A cidade caracteriza “uma contínua, cumulativa e acentuada ‘derivação antrópica’ do ambiente”, suficiente para implicar em “uma série de alterações sobre a atmosfera – até mesmo em sua própria composição química – tanto ‘sobre ela’ e até mesmo como ‘exportação’ para o ambiente circundante” (MONTEIRO, 1990a, p. 10).

Assim, se o clima urbano afeta a qualidade de vida de forma diferenciada na escala intra-urbana, no outro extremo da dimensão escalar, o estudo do clima urbano pode ser tomado como modelo em escala reduzida das modificações climáticas não intencionais que as ações humanas podem provocar no clima no futuro, visando à compreensão de seus complexos mecanismos e de seus efeitos sobre o ser humano e sobre a natureza numa escala planetária (OKE, 1978; ASSIS, 2000).



### 2.4.1 A Formação do Clima Urbano

Para Garcia (1995, p. 256-257), os principais mecanismos relacionados ao balanço da energia na formação do clima urbano se devem a três fatores:

- a) *a contaminação do ar urbano* com diversos poluentes diminui a radiação direta, devido à absorção e à difusão da luz solar das partículas em suspensão, as quais também absorvem a radiação infravermelha emitida pelas superfícies. As partículas em suspensão atuam ainda como núcleos de condensação e, assim, aumentam a frequência de nevoeiros e de precipitações;
- b) *o espaço construído* atua sobre a temperatura e a umidade devido aos diversos elementos introduzidos no sítio, entre os quais citam-se: a alteração da rugosidade da superfície que causa a redução da velocidade do vento e o aumento da turbulência; a impermeabilização das superfícies que reduz a evaporação e favorece o rápido escoamento superficial da água; a substituição da superfície, e a construção de edifícios com materiais de propriedades físicas distintas das naturais (albedo, capacidade térmica, etc); e
- c) *a produção de calor* pelas atividades urbanas, industriais e pelo tráfego aumenta o calor e a umidade na composição da atmosfera urbana<sup>5</sup>.

Assis (2000, p. 5) menciona ainda outros fatores da configuração urbana que afetam o balanço da energia e contribuem na formação do clima urbano: “o uso do solo, a geometria da malha (dimensões, distribuição, volumetria e distância entre os edifícios) e a tipologia de ocupação (dos edifícios, ruas, áreas verdes etc.) [...] o tipo de fachadas e as propriedades térmicas dos materiais [...], a orientação solar do tecido urbano e sua permeabilidade aos ventos”. Para a referida autora, o fato de estes parâmetros serem passíveis de regulamentação pelos municípios ressalta a importância da integração entre a climatologia e o planejamento urbano na melhoria da qualidade do ambiente urbano.

Comparando-se os espaços urbano e rural, evidenciam-se as alterações nas variáveis climáticas decorrentes da urbanização: no meio urbano, de modo geral, há

<sup>5</sup> Gisèle Escourou (1980, apud CONTI, 1998, p. 45) apresenta a quantidade de energia fornecida por algumas atividades humanas ao ambiente: uso doméstico = 25 cal/cm<sup>2</sup>/dia; tráfego de veículos = 9 cal/cm<sup>2</sup>/dia; indústrias = 8 cal/cm<sup>2</sup>/dia; e metabolismo = 1 cal/cm<sup>2</sup>/dia.

uma redução da radiação solar e da insolação, da velocidade do vento e da umidade relativa e, inversamente, um aumento da temperatura, da poluição, da nebulosidade e da precipitação. A Tabela 2.3, elaborada para o caso de clima temperado, apresenta valores médios que podem variar significativamente conforme as condições locais e as variações climáticas.

TABELA 2.3 – Comparação de parâmetros climáticos entre áreas urbanas e rurais

	<b>Elemento</b>	<b>Comparação com a Zona Rural</b>
<b>Atmosfera Urbana</b>	núcleos de condensação	entre 10 e 100 superior
	partículas	10 e 50 superior
	substâncias gasosas	50 e 25 superior
<b>Radiação solar</b>	total	10% a 20% menos
	ultravioleta, no inverno	30% menos
	ultravioleta, verão	5% menos
	insolação	5% a 15% menos
<b>Temperatura</b>	média anual	0,5° a 1°C superior
	mínima de inverno	1° a 2°C superior
	período livre de geadas	10% mais longo
<b>Precipitação</b>	Total dias c/ até 5mm de chuva	5% a 10% mais 10% mais
<b>Nebulosidade</b>	cobertura de nuvens	5% a 10% mais
	nevoeiro, no inverno	100% mais
	nevoeiro, no verão	20% a 30% mais
<b>Umidade Relativa</b>	média anual	6% inferior
	inverno	2% inferior
	verão	8% inferior
<b>Vento</b>	velocidade média anual	20% a 30% inferior
	movimentos extremos	10% a 20% inferior
	calmaria	5% a 20% inferior

Fonte: Ayoade, 2003; Henderson-Sellers e Robinson, 1989; adaptação: Dumke, E.

## 2.4.2 O Clima Urbano e suas Escalas de Abordagem

O clima urbano, segundo Monteiro (1976), “abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. No entanto, como mencionado, as influências das alterações causadas pela urbanização na atmosfera se estendem para além dos limites urbanos, alterando substancialmente os climas locais e projetando seus efeitos até os espaços sub-regionais. Há na verdade, uma dupla relação (MONTEIRO, 2001, p. 200):

- a) O comportamento atmosférico, integrado às demais esferas e processos naturais, “organiza” espaços climáticos a partir das escalas superiores em direção as inferiores;
- b) A ação antrópica em derivar ou “alterar” essa organização ocorre no sentido inverso, ou seja, das escalas inferiores para as superiores.



Há muitas discussões conceituais e metodológicas a respeito da organização das escalas nos estudos do clima, pois estes incluem as dimensões relativas ao espaço e ao tempo. Assim, o nível escalar deve relacionar a dimensão da área a ser estudada à extensão e à duração do fenômeno climático, à abordagem específica, com a seleção dos métodos e de técnicas apropriadas e às escalas do planejamento urbano (COLLISCHON, 1998; ASSIS, 2000).

Nas diversas abordagens sobre a organização das escalas do clima há uma grande variação. A Tabela 2.4 apresenta as dimensões espaciais e temporais fundamentadas em uma flexibilidade entre as diversas grandezas.

TABELA 2.4 – Organização das escalas espacial e temporal do clima

Ordem de grandeza	Subdivisões	Escala horizontal	Escala vertical	Temporalidade das variações mais representativas	Exemplificação espacial
Macroclima	Clima zonal Clima regional	> 2.000 km	3 a 12 km	algumas semanas a vários decênios	o globo, um hemisfério, oceano, continente, mares etc.
Mesoclima	Clima regional Clima local Topoclima	2.000 km a 10 km	12 km a 100 m	de várias horas a alguns dias	região natural, montanha, região metropolitana, cidade etc.
Microclima		10 km a alguns m	Abaixo de 100 m	de minutos ao dia	bosque, uma rua, uma edificação/casa etc.

Fonte: Extraído de Mendonça e Danni-Oliveira, 2007, p. 23

Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 83), o estudo de um clima particular requer a compreensão dos controles climáticos aos quais está submetido, uma vez que os aspectos da escala planetária ou Zonal, via circulação primária, definem os controles climáticos dos quais dependem os aspectos da escala Regional, via circulação secundária. Estes, por sua vez, condicionam o clima na escala Local, dado pela circulação terciária.

Desta forma, a escala climática implica uma ordem hierárquica e uma relação entre as dimensões espacial (extensão) e temporal (duração) do fenômeno a ser investigado, pois “a interação dos controles atmosféricos com os fatores geográficos do clima determina o dinamismo do fluxo de energia que se dá em áreas diferentes do espaço terrestre” (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 22).

Para Monteiro (2003, p. 27), as unidades espaciais do clima estão relacionadas às unidades geomorfológicas; porém, a taxonomia do clima não visa

estabelecer limites rígidos, mas promover o estudo das relações entre os elementos e facilitar a compreensão do todo. A classificação de Monteiro (2003, p. 29), baseada em Tricart e Cailleux (1956)<sup>6</sup>, relaciona as unidades climáticas com as unidades ou graus de urbanização, e assim, os dados do clima aos elementos componentes do ambiente urbano, visando subsidiar o planejamento urbano. Assim, a categoria *Sub-Regional* corresponde à megalópole ou grande área metropolitana; o clima *Local* à área metropolitana ou metrópole; o *Mesoclima*, correspondente à cidade grande, bairro ou subúrbio de metrópole e pode ser identificado como um compartimento básico da configuração (como uma várzea, espigão, colinas periféricas etc.); o *Topoclima*, no nível da pequena cidade, fácies de bairro ou subúrbio de cidade, se associa a expressões específicas formadas pelo relevo articulado à topografia edificada; e a menor unidade, o *Microclima*, compatível com a grande edificação, habitação, ou setor de habitação (MONTEIRO, 2003, p. 30).

### **Escala Zonal**

Devido ao movimento de rotação do planeta e à inclinação do seu eixo em relação à elíptica, a quantidade de energia solar recebida pela Terra é distribuída por sua superfície de forma desigual, conforme a latitude e as estações do ano, criando diferentes campos de pressão que resultam na movimentação do ar em extensas áreas. O equilíbrio no balanço de energia da Terra é realizado pelas correntes atmosféricas e oceânicas ao transferirem o excesso de energia recebido nas zonas de baixa latitude (zonas intertropicais) para as zonas de latitudes médias e elevadas (zonas temperadas e polares). Na escala planetária, a circulação geral da atmosfera determina zonas climáticas e, nos diferentes lugares do planeta, define tipos de tempos (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 83-84).

### **Escalas Regional e Sub-Regional**

Após a diferenciação espacial produzida em nível Zonal, o clima de uma região só pode ser compreendido considerando-se os sistemas regionais de circulação atmosférica que, nos processos climáticos, interagem continuamente com os demais fatores, como as condições geográficas (relevo, latitude, continentalidade,

---

<sup>6</sup> O Capítulo 3.4 traz uma aplicação da classificação das categorias taxonômicas do clima proposta por Monteiro aos objetivos do presente trabalho e relacionada aos procedimentos adotados no mesmo.

maritimidade), geológicas e hidrológicas locais (FILL et al., 1999). “A partir daí a variação dos fatores geográficos no seu interior gera uma ‘especialização’ em nível Local, tanto mais diversificada, quanto mais heterogênea for a região” (COLLISCHON, 1998, p. 26).

### **O Clima Local**

Na proposta de Monteiro (2003), o Clima Local compreende superfícies de centenas de quilômetros e abrange as áreas metropolitanas, onde ocorrem as maiores alterações na atmosfera. Submetido aos controles atmosféricos determinados pelos níveis superiores associados à conformação do sítio, o Clima Local tem, além disso, a ação antropogênica como um de seus fatores de organização. Devido a ela, conforme mencionado, alteram-se o balanço de energia, a umidade, a nebulosidade, a precipitação e o sistema de circulação do vento; formam-se ilhas de calor e há poluição e produção de chuva ácida (NUNES, 2003, p. 106).

No nível Local, a conformação do terreno, o tipo de solo e a cobertura vegetal podem ocasionar pequenas alterações no tempo e determinar o clima predominante em determinado lugar. A diferenciação climática é potencializada por meio de um conjunto de aspectos do ambiente como: a quantidade de energia disponível, as propriedades termofísicas dos materiais da superfície, as características e a distribuição da vegetação e do relevo (COLLISCHON, 1998) (Tab. 2.5).

O aquecimento de uma superfície durante o dia depende: da quantidade de energia solar que a alcança; da sua exposição à radiação solar; das propriedades físicas dos materiais de absorver ou refletir a radiação solar incidente (albedo), de convertê-la em calor e de armazenar e transmitir esse calor (inércia térmica); e, do calor latente.

A quantidade de energia solar que alcança a superfície dependerá dos ângulos de incidência do Sol (altura e azimute), os quais variam conforme a latitude local, a época do ano e a hora do dia. Quanto maior o ângulo de incidência do Sol e o número de horas de insolação, maior a quantidade de energia oferecida a uma superfície horizontal. O azimute solar, por sua vez, determina as orientações das encostas que recebem maior incidência dos raios solares em áreas de topografia variada: são aquelas cujas superfícies se encontram mais próximas do plano perpendicular aos raios do Sol, o que é válido também para as áreas urbanas (COLLISCHON, 1998, p. 28).

A energia solar que atinge a superfície depende ainda, da qualidade da atmosfera que nas cidades é comprometida pela grande quantidade de gases, partículas sólidas e aerossóis lançados no ar pelas indústrias e pelo trânsito intenso de veículos. Os gases poluentes são aumentados em cinco a dez vezes na atmosfera urbana. A nebulosidade devido à concentração de aerossóis e às partículas em suspensão no ar reduz a quantidade de radiação solar direta recebida pela cidade em 15 a 20% (DANNI, 1987, p. 26).

TABELA 2.5 – Fatores geográficos produtores de climas locais

<b>Tipos de superfície</b>	<b>Itens a serem observados</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rochas</li> <li>• Solo</li> <li>• Água</li> <li>• Vegetação</li> <li>• Agricultura</li> </ul>	<p>Tipo, cor, condutividade térmica</p> <p>tipo, textura, cor, conteúdo de ar e umidade e condutividade térmica</p> <p>área superficial, profundidade e movimentos</p> <p>tipo, altura, densidade, cor e mudanças sazonais</p> <p>cultivo, tipo, altura, cor e mudanças sazonais</p>
<b>Propriedades da superfície</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forma geométrica</li> <li>• Suprimento de energia</li> <li>• Exposição</li> <li>• Rugosidade topográfica</li> <li>• Albedo</li> <li>• Capacidade radiativa</li> </ul>	<p>plana, convexa, côncava, escarpada</p> <p>latitude e altitude, grau de obstrução do horizonte natural, aspecto, declividade e exposição</p> <p>proteção proveniente de feições orográficas, proteção proveniente de construções, árvores etc.</p> <p>Áreas Rurais: extensão das florestas, campos e cultivos, posição de quebra ventos e grau de agrupamento ou dispersão do <i>habitat</i> rural</p> <p>Áreas Urbanas: distribuição e altura média dos diferentes tipos de áreas construídas, orientação e exposição das ruas, blocos e construções individuais; densidade de parques, praças e outros espaços livres, perfil vertical da área</p> <p>tipo de superfície</p> <p>temperatura padrão e máxima da superfície; radiação terrestre observada</p>

Fonte: Yoshino, 1975, p. 12, citado por Collischon, 1998, p. 29

Porém, as características morfológicas e o albedo das superfícies diminuem as diferenças no balanço de energia entre o campo e a cidade. O albedo que, em média, é menor na cidade, favorece uma maior absorção da radiação nas superfícies urbanas. Além disso, a parcela da radiação que é refletida sofre sucessivas reflexões devido à geometria das edificações urbanas e há ainda uma maior contra-radiação pelos poluentes mais concentrados na atmosfera urbana, impedindo a sua devolução à atmosfera superior (DANNI, 1987, p. 27).

Na escala do clima Local, o estado da superfície ativa é o fator básico de definição, pois “interfere diretamente nos fluxos de energia para as baixas camadas da atmosfera, criando ambientes diferenciados quanto ao aquecimento. Estas diferenças se acentuam conforme a condição sinótica, pois dependem dos fluxos de radiação e das trocas de calor entre os locais” (COLLISCHON, 1998, p. 30). Portanto, torna-se necessário conhecer algumas propriedades físicas das superfícies relativas ao fluxo de energia, como o albedo, a condutividade térmica e o calor específico.

Conforme Geiger (1990, p. 17-23) a radiação recebida pela superfície é a radiação global que compreende a parcela da radiação solar direta não refletida pelas nuvens e não absorvida ou dispersa na atmosfera, somada à parcela de radiação solar dispersa que atinge o solo. Parte da radiação global que atinge o solo será então refletida (em ondas curtas) pela superfície e depende da natureza da mesma. O albedo ou coeficiente de reflexão é a relação entre a radiação solar refletida e a incidente, expressa geralmente em porcentagem.

Os valores de albedo são variáveis também em função da textura, da cor da superfície, da natureza e do teor de umidade do solo. O estado do solo se altera no decorrer do dia e do ano e o albedo acompanha essa variação. Como o albedo afeta o balanço térmico por meio da maior ou menor capacidade da superfície de absorção da radiação solar incidente, evidencia-se a possibilidade de influenciar o balanço térmico local por meio da alteração da superfície do solo.

Assim, o albedo determina a quantidade de energia absorvida que é, em parte, transformada em calor: quanto maior o albedo, menos a superfície se aquece, devido à reduzida quantidade de energia disponível para gerar calor (COLLISCHON, 1998, p. 30).

A temperatura de uma superfície é indicada pela energia que ela emite. Emissividade ( $\epsilon$ ) é a capacidade de um objeto emitir energia infravermelha.

As Tabelas 2.6 e 2.7 apresentam os valores de albedo e emissividade para superfícies, freqüentemente encontradas em ambientes urbanos e em ambientes rurais, respectivamente:

TABELA 2.6 – Propriedades radiantes de alguns materiais tipicamente urbanos

Superfície		Albedo	Emissividade
Rua	asfaltada	0,05-0,20	0,95
Parede	de concreto	0,10-0,35	0,71-0,90
	de tijolo	0,20-0,40	0,90-0,92
	de pedra	0,20-0,35	0,85-0,95
	de madeira		0,90
Telhado	de telha	0,10-0,35	0,90
	de ardósia	0,10	0,90
	de sapé/palha	0,15-0,20	
Janela de vidro branco	ângulo zenital <40°	0,08	0,87-0,94
	ângulo zenital 40 a 80°	0,09-0,52	0,87-0,92
Tinta	branca	0,50-0,90	0,85-0,95
	vermelha, marrom e verde	0,20-0,35	0,85-0,95
	preta	0,02-0,15	0,90-0,98
Áreas urbanas (latitudes médias)	variação	0,10-0,27	0,85-0,95
	média	0,15	

Fonte: Oke, 1978, p. 247

TABELA 2.7 – Propriedades radiantes de alguns materiais naturais

Superfície		Albedo	Emissividade
Solos	escuros e úmidos	0,05-	0,90-
	claros e secos	0,40	0,98
Desertos	de pedra	0,24	0,92
	de areia	0,37	0,89
Grama	longa (1.0m)	0,16-	0,90-
	curta (0.02m)	0,26	0,95
Culturas agrícolas / tundra		0,18-0,25	0,90-0,99
Pomar		0,15-0,20	
Florestas	decíduas sem folhas	0,15-	0,97-
	decíduas com folhas	0,23	0,98
	coníferas	0,05-0,15	0,97-0,99
	tropical	0,13	0,99
Mar de gelo		0,25-0,60	0,90
Neve	velha	0,40-	0,82-
	fresca	0,95	0,99
Água	(0°-60°)*	< 0,08	0,85-0,95
	(60°-90°)*	< 0,10	

\* O albedo da superfície da água se eleva conforme aumenta o ângulo do zênite solar.

Fonte: Oke, 1978, p. 15; Henderson-Sellers e Robinson, 1989

A transformação da energia absorvida pelas superfícies em calor é condicionada por suas características termofísicas. Nos materiais de construção, as características termofísicas relevantes são: a *transmitância* (U), relacionada à *condutividade térmica*<sup>7</sup> dos materiais; e a *inércia térmica* ( $\phi$ ) que considera sua

<sup>7</sup> A condutividade térmica é a propriedade do material que determina o fluxo de calor por condução partícula a partícula em uma unidade de tempo; a energia é transferida através da variação do gradiente de temperatura, sem o transporte de matéria.

*capacidade térmica*<sup>8</sup>, ou seja, a capacidade do material de reter calor. Nas superfícies construídas, a capacidade de armazenar o calor e de retê-lo durante certo tempo depende da *massa* e do *calor específico*<sup>9</sup>, propriedades físicas que variam em função do material empregado (DUMKE, 2002).

Devido ao alto calor específico da água e, portanto, à sua elevada inércia térmica, os corpos aquáticos podem produzir ilhas de frio ao longo do dia e ilhas de calor durante a noite. Por sua vez, o solo nu, o concreto e os metais sofrem grandes variações de temperatura durante o dia, conforme a incidência da radiação solar (COLLISCHON, 1998, p. 31-32).

Quanto maior a condutividade térmica de um material, maior sua capacidade de armazenar calor. Como o ar é um mau condutor de calor, se o solo for poroso e seco ou arenoso, o calor recebido por meio da radiação solar se concentrará numa fina camada de superfície. Contudo, um solo compacto se aquece menos, em função da mais rápida propagação do calor. Um solo orgânico seco poderá ter uma superfície mais aquecida que um solo mineral, pois, devido à cor negra, absorve mais calor (menor albedo); além disso, o ar presente no solo não permite a transferência do calor para o fundo. Mas, se o solo estiver com alto teor de umidade, poderá ser mais frio do que os solos minerais secos e do que as superfícies construídas.

Contudo, só uma parcela da energia solar absorvida pelas superfícies durante o dia é consumida no seu aquecimento. Há uma perda de calor das superfícies quando em contato com o ar, por meio da evaporação<sup>10</sup>.

A *evaporação* é a transformação do estado líquido em gasoso por intercâmbio térmico com o ar ambiente. O fenômeno oposto à evaporação é a *condensação*. O calor extraído ou adicionado à matéria mediante a mudança de estado denomina-se calor latente<sup>11</sup> (DUMKE, 2002).

---

<sup>8</sup> A capacidade térmica dos materiais é utilizada na arquitetura para melhorar as condições de conforto térmico no interior das edificações, em regiões de significativa amplitude diária da temperatura do ar, pois é possível reter o calor no interior dos elementos constituintes do envelope, possibilitando perdas de calor para o interior quando a temperatura externa se resfria. Assim, pode-se diminuir o fluxo de calor para o interior no período de calor e armazenar o calor interno por mais tempo no período de frio, amenizando as temperaturas no interior da edificação.

<sup>9</sup> O calor específico de uma substância é a quantidade de calor necessária para aumentar em 1°C a temperatura de um grama desta substância. Quanto menor o calor específico de uma superfície, mais rapidamente ela se aquece.

<sup>10</sup> Evaporação: a perda de calor decorrente da evaporação de um grama de água é de cerca de 0.58 kcal ou 0.67 Wh.

<sup>11</sup> Assim, na condensação de umidade do ar, extrai-se calor latente do mesmo e, na evaporação da umidade do ar, agrega-se-lhe calor latente.

A água, ao evaporar, consome energia, que é transferida na forma de calor latente para o vapor d'água, resultando no esfriamento das superfícies úmidas ou com vegetação que, em função disso, apresentam temperaturas menos elevadas que as superfícies secas.

Nos vegetais, a evapotranspiração conjuga a transpiração do vegetal (um processo biológico) e a evaporação da água na forma de vapor para a atmosfera (um processo físico). A evapotranspiração corresponde à perda da água depositada na superfície da planta e da água que, por meio do seu sistema radicular, é absorvida do solo. Os processos associados da evapotranspiração e do ganho da água por meio das precipitações permitem determinar a disponibilidade hídrica de uma região (TUBELIS e NASCIMENTO, 1992).

As altas taxas de evapotranspiração promovidas pelas grandes superfícies vegetadas, notadamente em dias de céu claro, resultam em perdas significativas de temperatura que, interagindo com a circulação atmosférica, alteram o clima Local, uma vez que “a circulação atmosférica decorre da distribuição não uniforme da radiação solar sobre a Terra, do movimento de rotação da Terra, das diferenças entre propriedades térmicas da Terra e da água, do relevo, da evaporação e da evapotranspiração” (RAUDKIVI apud FILL et al., 1999).

Conforme Geiger (1990), a radiação de onda longa (calor) está permanentemente presente no ambiente. A transmissão de calor, que ocorre inicialmente por condução entre as superfícies e a camada de ar junto ao solo, passa, em seguida, a ocorrer por convecção a uma pequena altura do solo, devido à baixa condutibilidade do ar. Com o aquecimento do ar, este se torna mais leve e se eleva, sendo substituído por um ar mais frio e denso que também se aquecerá: por meio da convecção térmica vertical, eleva-se a temperatura da massa de ar.

Outro fator importante na formação do Clima Local é o relevo, pois os atributos topográficos locais, assim como os atributos urbanos, quando associados à dinâmica atmosférica regional, são fundamentais na definição de ambientes térmicos diferenciados (MONTEIRO, 1990b, p. 80-114).

Desta forma, a dinâmica atmosférica, as características térmicas das superfícies, a configuração do sítio e os fatores antropogênicos são os fatores geradores do clima Local, o qual, porém, não é um estado permanente. Segundo Ribeiro (1993) (apud COLLISCHON, 1998, p. 35), os estados atmosféricos na escala do clima Local perduram, geralmente de 12 horas a uma semana, pois são



condicionados à “sucessão habitual de sistemas e subsistemas atmosféricos, configurados pela variação diária dos elementos climáticos, o que resulta na definição dos tipos de tempo que, por sua vez, possuem duração mínima de 12 horas”.

### **O Clima Urbano**

As definições do clima urbano se apóiam na comparação de suas características climáticas com as do seu entorno. Há, portanto, uma generalização do conceito para todas as cidades, que independe da localização e do clima regional onde cada uma se insere.

Para efeito de estudo, costuma-se adotar uma classificação da atmosfera urbana, conforme se diferenciam a intensidade das alterações das camadas de ar e o conjunto de elementos que as compõem. Esta divisão em camadas atmosféricas é explicada com muita clareza por um dos pioneiros da microclimatologia, Rudolf Geiger, embora se deva lembrar o contexto em que foi escrita originalmente: há quase meio século (em 1961, em alemão) e provavelmente se referia às cidades européias, onde predominavam edificações de pouca altura e as chaminés das casas eram bastante utilizadas. Note-se ainda que o autor distingue três camadas atmosféricas:

a poluição da atmosfera da cidade é sobretudo perceptível quando nos aproximamos de uma grande cidade num dia claro de inverno e a podemos ver no seu conjunto, de preferência de um ponto alto. Uma nuvem cinzento-escura, ou por vezes colorida, paira sobre a cidade parecendo formar sobre ela um capacete que altera todo o balanço da radiação na sua área. Medições realizadas no interior dessa nuvem permitem com frequência distinguir três camadas: a primeira sobre o pavimento das ruas, entre as casas, contém sobretudo poeira levantada pelos veículos e os seus gases de escape; a segunda camada a cerca de 20 m de altura é alimentada pelos gases das chaminés das casas, e a terceira, entre 50 a 60 m de altura, corresponde às chaminés das fábricas (GEIGER, 1990, p. 503).

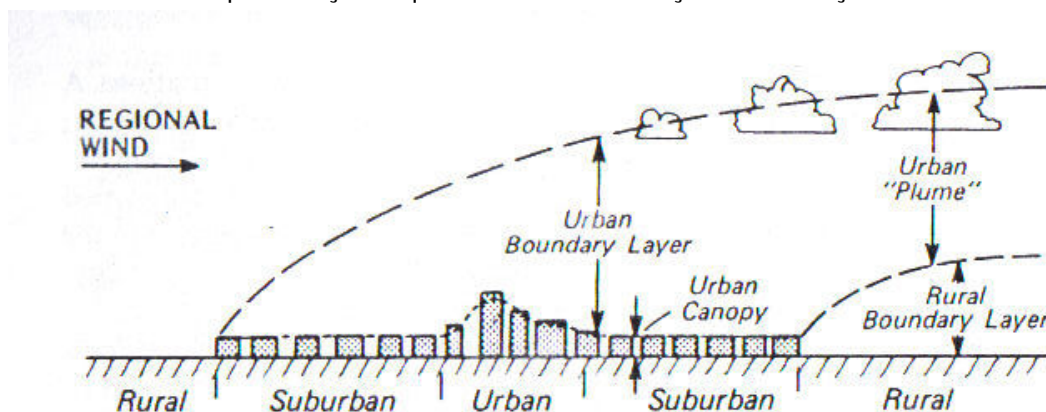
Neste trabalho, adota-se a classificação da atmosférica proposta por Oke (1978, p. 240-267), ilustrada na Figura 2.12. O autor define a Camada Limite Atmosférica como a camada que corresponde aos baixos níveis da troposfera, camada de mistura ou turbulência, gerada pela fricção entre o ar e a superfície terrestre e pela convecção de parcelas do ar aquecidas pela superfície. A altura desta camada varia conforme a influência dos processos de mistura gerados na

superfície e pode, sobre a cidade, atingir várias centenas de metros, formando-se a conhecida cúpula de contaminação. A Camada Limite Atmosférica se divide conforme as alterações do clima, devido aos efeitos da urbanização e da indústria, nos seguintes espaços:

- a) *Urban Boundary Layer (UBL)* – Camada Limite Urbana, que engloba o fato urbano e representa a interação da atmosfera com o conjunto da cidade (meso-escala);
- b) *Urban Canopy Layer (UCL)* – Camada Urbana ao Nível das Coberturas, também chamada de Camada do “Dossel” Urbano, que compreende o espaço entre o solo e o nível médio das coberturas das edificações e representa a interação entre a atmosfera e os elementos urbanos (espaço intra-urbano, micro-escala).

Há ainda a *Urban Plume* – camada sobre a *Rural Boundary Layer* que sofre influência da atmosfera urbana, a sotavento da área urbanizada (HENDERSON-SELLERS e ROBINSON, 1989).

FIGURA 2.12 – Representação esquemática da Classificação das Alterações Atmosféricas Urbanas

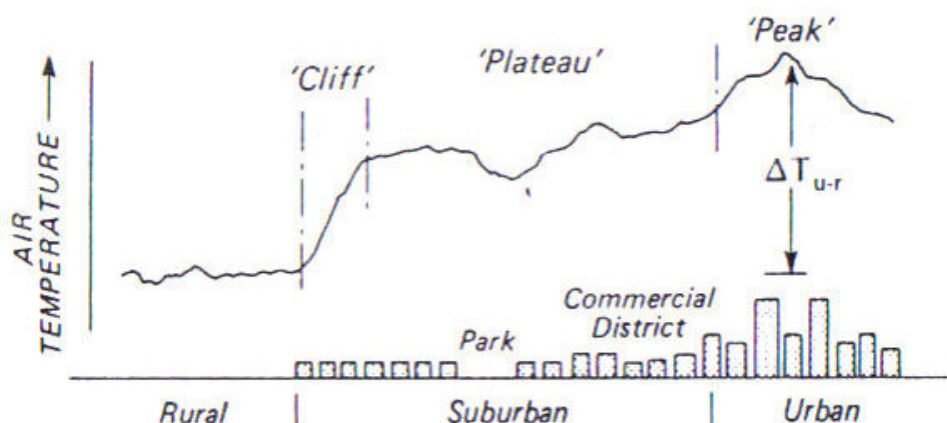


Fonte: Oke, 1978, p. 240

Entre as variáveis climáticas, a temperatura é a que mais evidencia a formação do clima urbano. O espaço construído, aliado às atividades humanas, promove um incremento térmico que tende a formar ilhas de calor nas áreas mais adensadas, quando comparadas ao seu entorno próximo. A expressão “ilha de calor” (*urban heat island*) foi criada por Mailey, em 1958, precedida pelo termo “temperatura urbana” (*Stadttemperatur*) de Hann, em 1897 (GARCIA, 1995).

A atmosfera urbana evidencia, de forma clara, temperaturas que representam o *peak*, o *cliff* e o *plateau*, caracterizando a típica ilha de calor urbana, (Fig. 2.13):

FIGURA 2.13 – Representação esquemática da Ilha de Calor Urbana



Fonte: Oke, 1978, p. 254

De acordo com Geiger (1990, p. 506-508), o calor acumulado durante o dia nas massas de alvenaria da cidade, associado à redução da ventilação, retarda o arrefecimento durante a tarde; e, só lentamente, a troca de ar entre o interior e o exterior da cidade provoca a diminuição das temperaturas urbanas. Conforme o autor, pode-se reconhecer as nuances do clima urbano pelo comportamento da vegetação. A floração da primavera, assim como a queda das folhas das árvores no outono, tende a iniciar mais cedo nos centros urbanos.

A formação da ilha de calor se deve à pouca energia consumida em evaporação; à maior capacidade térmica dos materiais urbanos e à redução do albedo<sup>12</sup>; ao calor gerado pelos habitantes e pelas atividades urbanas; e à diminuição das perdas de calor por irradiação noturna (GARCIA, 1995). A redução das perdas de calor por irradiação noturna se deve à presença de elevados níveis de radiação de onda longa na camada de poluição que cobre a cidade, o que representa uma forte proteção contra a perda de radiação durante a noite, ao não permitir que a cidade devolva o calor às camadas superiores da atmosfera (GEIGER, 1990, p. 503).

Bastante estudado em países do Hemisfério Norte, o fenômeno da ilha de calor tem sido, mais recentemente, também investigado no Brasil. Em relação ao clima da cidade de São Paulo, Lombardo (1985) verificou uma diferença de temperatura urbano-rural de 12 K.

<sup>12</sup> Devido à substituição da superfície natural por áreas construídas, o albedo médio das cidades é mais baixo (0,15) que nas áreas cultivadas (0,18 a 0,25) (OKE, 1978, p. 247).

No caso de Londrina, PR, Mendonça (1995) constatou uma diferença de temperatura entre o núcleo urbano e a área rural de até 15 K (ilha de calor). Entretanto, segundo o autor, devido ao calendário agrícola, em determinadas épocas do ano, quando os solos secos e nus ao redor da cidade ficam expostos à radiação solar, a baixa inércia térmica destes em relação à dos espaços verdes urbanos resulta em temperaturas bem superiores às da cidade, configurando ilhas de frescor.

Assim, sob condições específicas, o clima urbano pode apresentar também ilhas de frescor. Estas foram identificadas já em 1979, por Inês Moresco Danni em Porto Alegre, devido à influência do Parque Farroupilha, no clima daquela cidade (DANNI,1987).

A diferenciação dos microclimas na cidade, portanto, resulta das alterações na atmosfera urbana, provocadas pela emissão de poluentes, atividades industriais, desflorestamento e outras atividades antropogênicas, gerando “ilhas de calor” e “ilhas de frescor”, conforme a interação do clima com a configuração e o uso do espaço.

Geiger (1990, p. 506-508) ressalta ainda a importância da situação topográfica da cidade na definição do seu próprio clima. Assim, se ela estiver situada em um vale, abrigada dos ventos, as diferenças urbano-rurais do clima serão mais significativas do que se estiver num planalto, exposta ao vento. As características do clima urbano também serão diferentes em situações de encosta ou a beira-mar. Da mesma forma, o clima dentro de uma cidade de topografia variada não pode ser tomado como homogêneo.

Porém, de acordo com Mendonça (1995, p. 24), o clima intra-urbano ainda é pouco explorado pelas pesquisas de climatologia urbana no Brasil, decorre diretamente “da heterogeneidade tanto do sítio quanto da estruturação e funcionalidade urbanas, gerando paralelamente ao clima da cidade (clima local/urbano), bolsões climáticos intra-urbanos diferenciados (ilhas de calor, ilhas de frio, mesoclimas, topoclimas, microclimas)”.

### 2.4.3 Estudos de Clima Urbano/Conforto Térmico no Brasil

Os primeiros estudos brasileiros a respeito do clima urbano foram desenvolvidos na década de 1970, entre os quais os de Gallego (1972), no Rio de Janeiro, RJ, e os de Monteiro e Tarifa, em 1973, em Marabá, PA, visando subsidiar o planejamento urbano.

A proposta teórico-metodológica criada por Monteiro, em 1975, intitulada Sistema Clima Urbano (SCU) e fundamentada na Teoria Geral dos Sistemas (TGS) de Ludwig von Bertalanffy, constituiu uma importante contribuição brasileira aos estudos de climatologia urbana (MENDONÇA, 2003).

De acordo com Monteiro (2003), o estudo do SCU deve ser realizado tendo em vista a organização funcional de partes relacionadas, em que o que importa não é o fracionamento das partes, mas as relações entre elas, numa perspectiva holística. Além dos aspectos naturais do território e da atmosfera, deve-se investigar a participação antropogênica na constituição do clima urbano. Para o autor, o agrupamento ordenador da produção do clima urbano deve ser elaborado por meio de canais da percepção humana, pois “o homem deve constituir sempre o referencial dos problemas e valores dos fatos geográficos” A concepção de clima deve ser dinâmica: “o ritmo de sucessão habitual dos estados atmosféricos sobre os lugares” (MONTEIRO, 2003, p. 24).

Conforme Mendonça (2003, p. 175-192), o estudo da atmosfera urbana no Brasil apresenta um expressivo desenvolvimento, tanto nos aspectos teórico-metodológicos como pelas muitas experiências realizadas em campo. As pesquisas têm utilizado técnicas e procedimentos tradicionais e, progressivamente, também avançados. No entanto, há necessidade de avançar nos estudos brasileiros do clima urbano não só em relação às técnicas de aferição e dos aspectos quantitativos, mas sobretudo no aspecto qualitativo, salientando a percepção do cidadão e sua participação consciente na produção do espaço urbano.

Para o referido autor, os estudos brasileiros em clima urbano têm se fundamentado principalmente em dois elementos definidores da atmosfera urbana: a variação hipsométrica, que se relaciona ao gradiente térmico e barométrico vertical na troposfera; e o uso do solo urbano, relacionado à variação do albedo das superfícies urbanas, seus materiais e densidade. Algumas pesquisas recentes em clima urbano utilizam a análise da cobertura do horizonte (*Sky View Factor*), que evidencia o efeito do sombreamento dos edifícios na cidade e da obstrução do horizonte nos cânions urbanos.

O emprego de imagens de satélite, ao permitirem a visualização das grandezas de alguns elementos, sua distribuição no espaço e a correlação aos dados levantados por meios tradicionais, contribuem significativamente para um conhecimento mais detalhado do fluxo de energia no ambiente urbano. Entre os poucos estudos que empregaram imagens de satélite como técnica auxiliar na análise da atmosfera urbana, citam-se os de Lombardo (1985), em São Paulo, SP, Mendonça (1995), em Londrina, PR, e Collischon (1998), em Porto Alegre, RS.

A tese de Magda Lombardo (1985) sobre o clima *A Ilha de Calor na Metrópole Paulista*, relacionou medições pontuais na metrópole (dados de temperatura do ar, umidade relativa e vento) com imagens de satélites meteorológicos e desenvolveu um algoritmo para o cálculo das temperaturas da superfície, em função da radiância que chega ao satélite e da estimativa das emissões superficiais. Este trabalho utilizou imagens do satélite NOAA para o tratamento das condições térmicas e de imagens Landsat para a identificação do uso do solo.

Danni (1987) estudou a distribuição espacial da temperatura do ar e da umidade relativa do ar na cidade de Porto Alegre. Durante um período de quinze dias foram feitas leituras nos horários padronizados internacionalmente, com termômetros distribuídos na mancha urbana. A autora identificou a formação em geral, de ilhas de calor e secas (particularmente à noite), bem como de ilhas frescas e úmidas, relacionadas à ocupação e ao uso do solo urbano.

Sezerino e Monteiro (1990) desenvolveram um método para o estudo do campo térmico de Florianópolis, buscando compensar a singeleza dos recursos mediante a consistência da investigação e a avaliação criteriosa dos resultados vinculados às condições dinâmicas do tempo. Os experimentos foram realizados por meio de medidas pontuais, em um transecto e uma observação vertical.

Sakamoto (1994) investigou a relação entre a temperatura do ar e a configuração do céu (*Sky View Factor*) em São Paulo, por meio de documentação fotográfica com lente “olho de peixe”, e a verificação da porcentagem de céu obstruído, considerando a relevância da estrutura urbana, a geomorfologia e o plano diretor da cidade. Os resultados evidenciaram que a relação entre a configuração do céu e a temperatura do ar varia de acordo com o horário e sofre a interferência de vários fatores inter-relacionados como vento, orientação da malha viária, grau de urbanização, disponibilidade de céu e situação topográfica.

A tese de Mendonça (1995) se compõe de duas partes: uma proposta metodológica para estudos climáticos no meio urbano em cidades de porte pequeno e médio, que tem no prévio e detalhado conhecimento geográfico do ambiente urbano a base para sua aplicação; a segunda parte consiste na aplicação do método ao estudo de caso na cidade de Londrina, com a utilização de diversas técnicas. O autor analisou a termografia de superfície por meio de imagens de satélite em duas escalas: no âmbito regional, mediante o uso de uma imagem NOAA-AVHRR, que permitiu a identificação de manchas urbanas e a magnitude de seus campos térmicos; e, na dimensão intra-urbana, com o emprego uma imagem Landsat TM. A elaboração da Composição Colorida (canais 6, 5, 1) e o cálculo e espacialização das temperaturas da superfície da área urbana e rural circunvizinha (canal 6), permitiu uma comparação com os dados de temperatura e umidade coletados a uma altura de 1,5 m e das temperaturas de solo a 5 cm levantados em campo, corroborando a contribuição desta técnica no estudo do clima urbano.

O autor constatou que o clima urbano de Londrina se relaciona às atividades humanas ligadas à urbanização e às atividades regionais devido à mistura de solos rurais. Elevadas diferenças intra-urbanas de temperatura e umidade relativa do ar ou entre a área urbana e rural circunvizinha evidenciaram condições de desconforto térmico urbano, principalmente durante o verão. O estudo originou sugestões para o planejamento urbano, como a reordenação de edificações, do fluxo de veículos e da concentração de equipamentos, bem como a ampliação e a implantação de áreas verdes e de pequenos lagos em locais específicos visando à melhoria das condições térmicas intra-urbanas.

Brandão (1996) estudou o clima urbano do Rio de Janeiro sob o enfoque das alterações do clima em função do crescimento urbano, mediante a análise de dados climáticos de um longo período (de 1851 a 1990). Observou a elevação das temperaturas e o aumento da ocorrência de chuvas, relacionando-as aos períodos de maior desenvolvimento e verticalização da cidade. A pesquisa foi desenvolvida em quatro escalas de abordagem distintas: local, meso, topo e microclimática, utilizando, para cada uma delas, a estratégia apropriada. A autora identificou as unidades climáticas da cidade e verificou a importância da topografia e da localização litorânea na formação do clima.

Santana (1997) relacionou a temperatura do ar ao uso do solo e a forma urbana na cidade de Fortaleza. A partir da análise da configuração urbana

(dimensões, densidade, rugosidade, porosidade, orientação da malha viária e das edificações, permeabilidade do solo, materiais das superfícies, presença de corpos d'água e de vegetação e geometria urbana) foram identificadas áreas homogêneas que apresentaram variações climáticas conforme a incidência da radiação solar e da circulação do ar, modificados pelo ambiente urbano. As temperaturas mais elevadas durante o dia foram constatadas em áreas de maior densidade, de pouca sombra e vegetação reduzida, embora os setores mais verticalizados tenham apresentado temperaturas do ar mais amenas pela manhã; zonas com presença de corpos d'água ou vegetação e a beira-mar originaram ilhas de frescor.

Estudos realizados em algumas cidades brasileiras têm seguido a metodologia proposta por Katschner, que preconiza, a partir de uma avaliação bioclimática, a elaboração de mapas climáticos urbanos para estabelecer diretrizes para o planejamento urbano. O autor utiliza o índice de conforto PET- *physiological equivalent temperature* (KATZSCHNER, 1997). A metodologia consiste:

- a) na análise dos parâmetros urbanos como uso e ocupação do solo, estrutura urbana, topografia, densidade e altura das edificações, áreas verdes;
- b) no monitoramento das variáveis climáticas; e
- c) na análise do vento e do balanço de energia mediante a elaboração de um mapa-síntese das condições microclimáticas, de conforto térmico e da qualidade do ar para definição das áreas mais apropriadas aos tipos de uso do solo a serem propostos.

Segundo Assis (2000, p. 47-48), esta metodologia é própria da escola alemã, herdeira do pioneiro Wilhelm Schmidt no início do século XX e adota uma abordagem microclimática adequada às cidades européias, já consolidadas.

Collischon (1998), em estudo da cidade de Porto Alegre, analisou a termografia regional mediante o emprego de imagens Landsat TM (canal 6), apresentando avanços no detalhamento dos aspectos relativos ao cálculo das temperaturas de superfície. A autora desenvolve a utilização do geoprocessamento e do *software* IDRISI como ferramentas auxiliares no estudo do clima urbano.

Assis (2002), numa abordagem integradora entre os campos de estudo da geografia e da meteorologia, e da arquitetura e do urbanismo, desenvolveu um método de simulação física por meio de um modelo reduzido de áreas urbanizadas, visando à representação da troca térmica associada ao fenômeno da ilha de calor. Os resultados encontrados demonstraram a viabilidade do uso dos modelos físicos para a avaliação



e a predição do desempenho térmico de uma área urbana, em clima continental onde a influência da configuração urbana é significativa, e foi constatada uma boa correlação entre a temperatura do ar e a do solo. Relacionando o balanço energético por troca de radiação à geometria urbana descrita pelo fator de visão do céu e pela razão entre a altura e à distância dos edifícios (H/W) em uma área da cidade de Belo Horizonte, MG, Assis definiu a volumetria mais adequada para a ocupação urbana local. Em termos de alturas e afastamentos dos edifícios com base no fator de visão do céu, obstruções de 40% da abóbada celeste já podem causar o efeito da ilha de calor e, portanto, o limite para os ângulos de altura do envelope solar é da ordem de 45°, para esta cidade.

Como mencionado, o estudo do clima urbano e suas repercussões na qualidade de vida e no conforto ambiental da população constitui uma interface entre geógrafos e arquitetos e tem sido objeto de diversos trabalhos desenvolvidos em ambas as áreas.

Em 1988, no Brasil, foi criado o Grupo de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC). Atualmente, realizam-se encontros que têm por finalidade a divulgação de pesquisas recentes, como o ENTAC (Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído) e o ENCAC (Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído).

Na área de estudos de conforto térmico, encontram-se diversos pesquisadores brasileiros que investigam a escala urbana utilizando diferentes métodos, como Souza (1993); Corbella e Yannas (2003); Roriz e Barbugli (2003); Santos, Lima e Assis (2003); Pezzuto, Labaki e Francisco Filho (2003); e Assis (2005), dentre outros.

Entre os estudos de clima urbano e conforto térmico realizados especificamente para Curitiba e as cidades do seu Aglomerado Urbano, citam-se os de

- Danni-Oliveira (2000), que versa sobre a implicação dos atributos urbanos e geoecológicos na qualidade do ar em Curitiba;
- Mendonça (2001b), que relaciona o conforto térmico à criminalidade em Curitiba;
- Borox (1998), bem como Bakonyi et. al. (2004), que relacionam o clima urbano, a qualidade do ar e as doenças respiratórias;
- Fernandes de Oliveira (2003), que relaciona as condições climáticas de Curitiba à dengue, enquanto na escala do Estado do Paraná o faz de Paula (2005);
- Nogaroli (2000), que verifica as repercussões do aquecimento global no clima de Curitiba, enquanto na escala regional o fazem Mendonça et al. (2006).

Relacionando o estudo do clima urbano, do conforto ambiental e da configuração urbana, encontram-se:

- Em Curitiba: Rossi (2004), que investiga a influência da ocupação do solo à variação de temperatura na cidade; Suga (2005), que estuda a questão do potencial de aproveitamento da luz natural nos cânions urbanos nos setores estruturais; Lima (2005), que investiga o aporte de energia necessário para obter condições de conforto em edificações conforme as diferenças climáticas intra-urbanas;
- Nos bairros de Curitiba: Blanchet (2004), que relaciona o conforto térmico à configuração urbana no Bairro do Bigorrilho; Zanella (2006), que estuda as inundações urbanas e seus impactos no Bairro do Cajuru;
- Nas cidades conurbadas a Curitiba: Pertschi (2005), que analisa o clima e o conforto térmico urbano da cidade de São José dos Pinhais, PR; Katzinski (2000), que estuda o clima urbano da cidade de Araucária, PR.

#### **2.4.4 Conforto Térmico: Conceito, Critérios e Métodos de Avaliação**

O homem, animal homeotérmico, tem necessidade de manter constante a temperatura interna de seu organismo mesmo que as condições externas variem. Pode haver pequenas oscilações durante as horas do dia, assim como pequenas variações entre indivíduos, conforme idade ou sexo, mas que não são significativas. Desta forma, a temperatura interna média da maioria das pessoas se situa em torno de 37°C; variações acima de 1,0 a 2,0 graus por um tempo relativamente longo (como algumas horas) podem afetar seriamente o organismo; um desvio da temperatura de 4,0 graus acima ou abaixo da média, poderá causar lesão permanente ou morte (RORIZ, 1987, p. 21).

Para Fanger (1970), a sensação de conforto térmico depende, além das condicionantes do ambiente e da vestimenta, também das características fisiológicas próprias dos indivíduos como: idade, sexo, forma do corpo, ciclo menstrual, diferenças étnicas, alimentação e outros.

Conforme Krüger (2002a), a adaptação da espécie humana às características climáticas ao longo do tempo, foi uma questão de sobrevivência.

Estas adaptações ocorreram no âmbito da ordem biológica, ou por meio da vestimenta e do ambiente térmico. A adaptação biológica se evidencia nas variações da fisiologia humana (como porte físico, cor de pele e de olhos, presença ou ausência de pelos), caracterizada pelas raças adaptadas às diversas condições climáticas encontradas em regiões geográficas distintas. A adaptação por meio de vestimenta consiste no isolamento térmico, como mencionado anteriormente, depende da espessura, da porosidade, do número de camadas de tecido e da existência de vazios entre elas, determinando a resistência térmica total. A adaptação ao clima por meio do ambiente construído realizou-se por meio da experiência acumulada ao longo do tempo, conforme as características do clima, a cultura dos povos e os materiais e técnicas construtivas locais.

Mas o estudo do clima urbano se relaciona à obtenção do conforto térmico não apenas nos ambientes internos como também nos ambientes externos às edificações. Conforme Lois e Labaki (2001), as inúmeras pesquisas realizadas nos últimos vinte anos relativas ao conforto térmico em ambientes abertos, demonstram sua complexidade devido à variabilidade dos fatores climáticos que incluem a velocidade do vento e a radiação solar incidente, associados às respostas fisiológicas dos indivíduos, da vestimenta e do metabolismo, além dos aspectos psicológicos. A relevância dessas pesquisas reside na sua aplicação, que abrange não somente o lazer ao ar livre, mas também os trabalhadores que exercem suas atividades no ambiente externo, os quais não têm a possibilidade de escolha dos horários de maior conforto. Além disso, salienta-se que há uma ponte térmica entre exterior e interior em função da edificação e que, portanto, o microclima influi no consumo energético para garantir o conforto interno.

Contudo, o conceito de conforto térmico deve ser relativizado, considerando-se as particularidades das pessoas e dos grupos. A percepção humana do clima e a sensação de conforto térmico devem-se não só a fatores fisiológicos, mas também psicológicos e culturais. As aberturas, por exemplo, são revestidas de diversas funções e significados sobrepostos, além de sua performance física na admissão da energia solar, luz do dia e ar. O uso dos elementos de forma significativa depende da tradição vivida, que, por sua vez, é em alto grau dependente da experiência sobre clima, suas variações diárias e sazonais, seus extremos e seus efeitos sobre os materiais familiares e formas de modificá-los. Essa familiaridade tem desaparecido com a produção em massa dos materiais, o não-envolvimento tanto dos usuários

como dos projetistas no projeto e na construção, a padronização das edificações e sua climatização artificial. A análise científica do clima e de sua influência na construção e sobre as pessoas não substitui a compreensão mediante a experiência – impossível de se obter na velocidade das mudanças. Assim, a arquitetura atual carece tanto de experiência como de ciência (MARKUS e MORRIS, 1980).

A sensação de conforto térmico é definida como o “estado mental que expressa satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa” (ASHRAE, 1981) [grifo nosso]. Como afirma Krüger (2002a), “essa própria definição indica que a sensação de conforto depende tanto de aspectos físicos do ambiente (o ambiente térmico) como também de aspectos subjetivos (o estado mental)”. Uma vez que o conforto térmico é uma sensação subjetiva, individual e variável, o objeto de seu estudo passa a ser a determinação das condições ambientais que propiciam o conforto térmico para um maior número de pessoas possível, sendo de natureza estatística.

Para Vogt e Miller Chagas (apud ARAÚJO, 2001, p. 41) “o conforto térmico é uma sensação complexa que sofre influência de fatores de ordem física, fisiológica e psicológica [...]; do ponto de vista puramente térmico, as condições ambientais confortáveis são aquelas que permitem ao ser humano manter constante a temperatura do corpo sem adicionar, de forma perceptível, seus mecanismos termorreguladores”.

No outro extremo, o desconforto térmico também não tem um efeito uniforme sobre todas as pessoas. Mendonça (2001b, p. 44) cita Besancenot (1997, p. 87-99), que diferencia dois tipos de riscos climatológicos: aqueles derivados de climas particularmente agressivos que atingem a todos os seres; e aqueles ligados à “vulnerabilidade particular de determinados indivíduos a fenômenos climáticos particulares”, pois as reações fisiológicas e psicológicas ao calor excessivo são diferenciadas de indivíduo para indivíduo.

Assim, as condições e a qualidade de vida desempenham um papel fundamental na saúde humana frente aos efeitos do clima, pois quanto menores os recursos de que o indivíduo ou a sociedade dispõe, menor a sua resistência às agressões do meio. Se, de um lado, existem particularidades individuais quanto às reações fisiológicas e psicológicas do conforto térmico, de outro, as desigualdades sociais ampliam as diferentes condições de conforto e, conseqüentemente, de saúde das pessoas.

Apesar das muitas definições do conceito de conforto térmico, o que há em comum entre eles é a presença do conceito de equilíbrio energético entre o corpo humano e o seu entorno.

### **O equilíbrio energético entre o corpo humano e seu entorno**

O corpo humano gera calor no seu interior por meio do metabolismo que, com o uso do oxigênio, promove a queima das calorias existentes nos alimentos transformando-as em energia. Esta é requerida para o funcionamento dos mecanismos fisiológicos fundamentais (metabolismo basal) e pelas atividades a serem desenvolvidas, às quais a quantidade de energia produzida pelo organismo está diretamente relacionada.

O corpo mantém trocas de calor com o meio (por condução, convecção, radiação e evaporação), conforme as condições climáticas predominantes, segundo a Equação 1 apresentada por Oke (1978, p. 160) e reescrita por (ASSIS, 2000, p. 174):

$$Q_M \pm Q^* \pm Q_H \pm Q_D - Q_E = \pm Q_G \quad (1)$$

onde:

$Q_M$  é a taxa de produção de calor por meio dos processos metabólicos:

$Q^*$  é a perda ou ganho de calor devido à radiação (conforme a diferença entre temperatura superficial da pele e temperatura radiante do entorno);

$Q_H$  é a perda ou ganho de calor por meio da convecção do ar (conforme a diferença entre a temperatura superficial da pele e a temperatura do ar);

$Q_D$  é a perda ou ganho de calor por condução, através do contato do corpo com o solo (conforme a diferença entre a temperatura superficial da pele e a temperatura superficial do solo);

$Q_E$  é a perda de calor por processos de evapotranspiração por meio da respiração e da sudorese;

$Q_G$  é o armazenamento líquido de calor, que pode ser perda ou ganho de energia, mas que em animais homeotérmicos deve permanecer perto de zero.

### **O conforto térmico: produção de calor e mecanismos de autorregulação**

Quando o resultado da equação das trocas de calor do corpo humano com o ambiente se aproxima de zero, o corpo está em equilíbrio. Mas, quando as condições térmicas ultrapassam certas faixas, o organismo precisa acionar os mecanismos termorreguladores para manter a temperatura interior praticamente constante.

Há ainda os mecanismos instintivos e culturais, como curvar o corpo, esfregar as mãos, ou ingerir bebidas quentes ou frias. Porém, como já mencionado, as reações ao ambiente térmico são também influenciadas pelas características físicas pessoais, pelo grau de aclimação, pela atividade etc., e a percepção da sensação térmica, pela experiência vivida, as características psicológicas e culturais.

Na presença de frio, os mecanismos termorreguladores são ativados visando evitar as perdas térmicas e aumentar a produção interna de calor: a vasoconstrição periférica faz com que a pele se resfrie para evitar perdas de calor por radiação e convecção; o arrepio aquece a pele por atrito, ao mesmo tempo em que a maior rugosidade da pele evita perdas de calor por convecção; e o aumento do metabolismo entre 30 e 100% pode se manifestar pelo tremor dos músculos, produzindo um maior calor interno para compensar as perdas para o meio.

Na presença de calor, a vasodilatação periférica aumenta a temperatura da pele favorecendo a perda de calor por convecção e radiação; por meio da transpiração, a evaporação favorece as perdas de calor<sup>13</sup>; e a redução do metabolismo visa à diminuição da produção de calor no interior do organismo. Mas, conforme a ocorrência de condições extremas, o organismo pode não ser capaz de responder às alterações e entrar em desequilíbrio (MENDONÇA, 2001b, p. 48):

Quando os fatores do ambiente atingem valores extremos, sob atuação de ondas de calor ou de frio, de ventos violentos ou de precipitações abundantes, por exemplo, então eles afetam a saúde humana. Assim a mortalidade aumenta durante as ondas de calor (sobretudo crianças e idosos), sendo cada vez mais marcada quando temperaturas elevadas se combinam com forte higrometria. [...] O calor tem também efeitos menos espetaculares como as câibras de calor ou as insolações que se degeneram às vezes em hipertermia.

As principais variáveis climáticas que influem sobre o conforto térmico são: a temperatura, a umidade, o movimento do ar, a radiação. A temperatura do ar é a variável que influencia mais diretamente a sensação de conforto, mas não é a única: é a associação entre as variáveis que assume maior importância nas condições de conforto.

### **Métodos de análise de conforto térmico: índices e diagramas bioclimáticos**

Os primeiros parâmetros básicos para avaliação das condições climáticas a se tornarem mensuráveis foram a temperatura e a pressão. O desenvolvimento do termômetro, em 1593, por Galileu, e do barômetro de mercúrio, em 1643, por Torricelli, possibilitaram as medições que tiveram início nos séculos XVII e XVIII. Redes nacionais de meteorologia foram implantadas na França, na década de 1770,

<sup>13</sup> A taxa de suor oscila entre 20 gr/h e 3 Kg/h e cada grama de suor consome o calor de aproximadamente 0,58 Kcal (GARCIA, 1995).

e na Prússia, em 1817. Em 1818, Howard publicou os resultados de medições realizadas em Londres, mostrando a existência de um microclima urbano, fato até então unanimemente ignorado. O recurso utilizado pelos arquitetos, até então, era o manejo da geometria solar por meio de gráficos, para o projeto de elementos de sombra, e a representação do percurso do Sol no projeto. Era o que de mais notável havia em todo o desenvolvimento da climatologia científica e da instrumentação meteorológica disponível a partir do século XVIII, mediante dados teóricos e empíricos (MARKUS e MORRIS, 1980).

O estudo dos fatores que interferem no conforto do ambiente construído exigia a medição das variáveis ambientais com a exatidão necessária, num único índice que abrangesse todas essas variáveis. Este índice era, então, relacionando à resposta de seres humanos que vivem em condições climáticas específicas. Assim, o termômetro quente, desenvolvido por Heberden, em 1826, constituía um medidor de conforto primitivo, relacionando pela primeira vez a sensação de conforto a outros fatores, além da temperatura do ar. Seguiram-se o desenvolvimento de equipamentos como o catatermômetro (também usado como anemômetro), por Hill, em 1914, e o termômetro de globo, por Vernon, em 1930, dentre outros. Também em 1930, Bedford desenvolveu um conjunto de aparelhos apropriados para as medições (ARAÚJO, 2001).

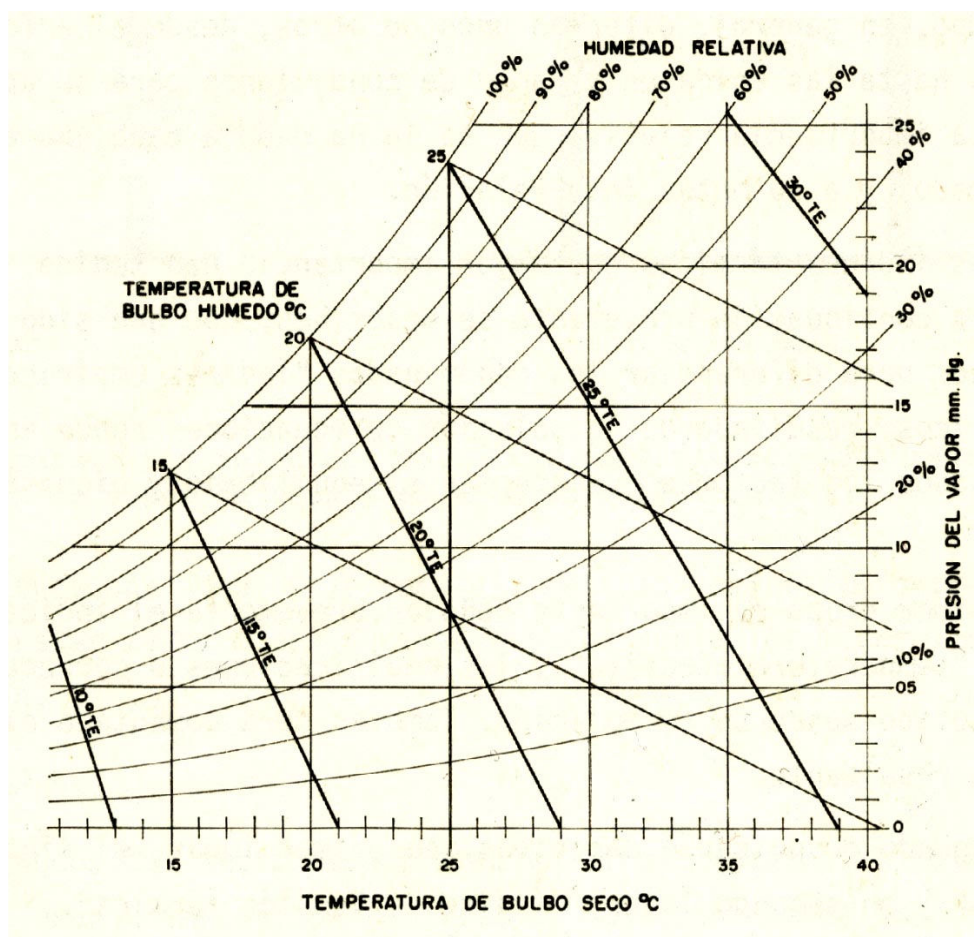
No início do século XIX, com a Revolução Industrial na Europa, houve um aumento significativo do número de acidentes e doenças geradas nas indústrias, causados pelo excesso de calor e de umidade nestes locais. A preocupação com a queda de produtividade levou às primeiras investigações sobre os aspectos fisiológicos do trabalho e à busca de critérios definidores da sensação de conforto térmico.

Bedford e Vernon, em 1922, em pesquisa realizada em uma mina de carvão, demonstraram a influência da temperatura do ambiente sobre as pausas no trabalho e a frequência de acidentes – que tendiam a crescer com temperaturas acima dos 19° e 20°C. A queda na eficiência do trabalho à temperatura de 28°C era em média de 41% em relação à temperatura de 19°C, acentuando-se para trabalhadores de mais de 45 anos (IIDA, 1997, p. 232).

Ao longo do tempo, foram desenvolvidas diversas “escalas de conforto” ou “índices térmicos” (biofísicos, fisiológicos ou subjetivos), mas, devido ao grande número destes, somente alguns foram selecionados para serem comentados a seguir, conforme sua relevância para o trabalho e a bibliografia disponível.

**Houghton e Yaglou**, em pesquisa em laboratório da ASHVE (*American Society for Heating and Ventilation Engineers*), visando otimizar as condições de operação de condicionadores de ar, propuseram, em 1923, a Temperatura Efetiva (*Effective Temperature – ET*). Os autores estabeleceram “linhas de igual conforto” sobre a Carta Psicrométrica, que permitem correlacionar as temperaturas de bulbo seco, de bulbo úmido e velocidade do vento. Por definição, o *índice de TE* de um ambiente é a temperatura que, contendo ar praticamente em repouso<sup>14</sup> e completamente saturado de umidade, proporciona a mesma sensação de frio ou de calor que o ambiente em questão (COSTA, 1974). Assim, a TE considera os efeitos combinados da temperatura, da umidade relativa e da velocidade do ar (Fig. 2.14).

FIGURA 2.14 – Linhas de Temperatura Efetiva sobre Diagrama Bioclimático, segundo Houghton e Yaglou



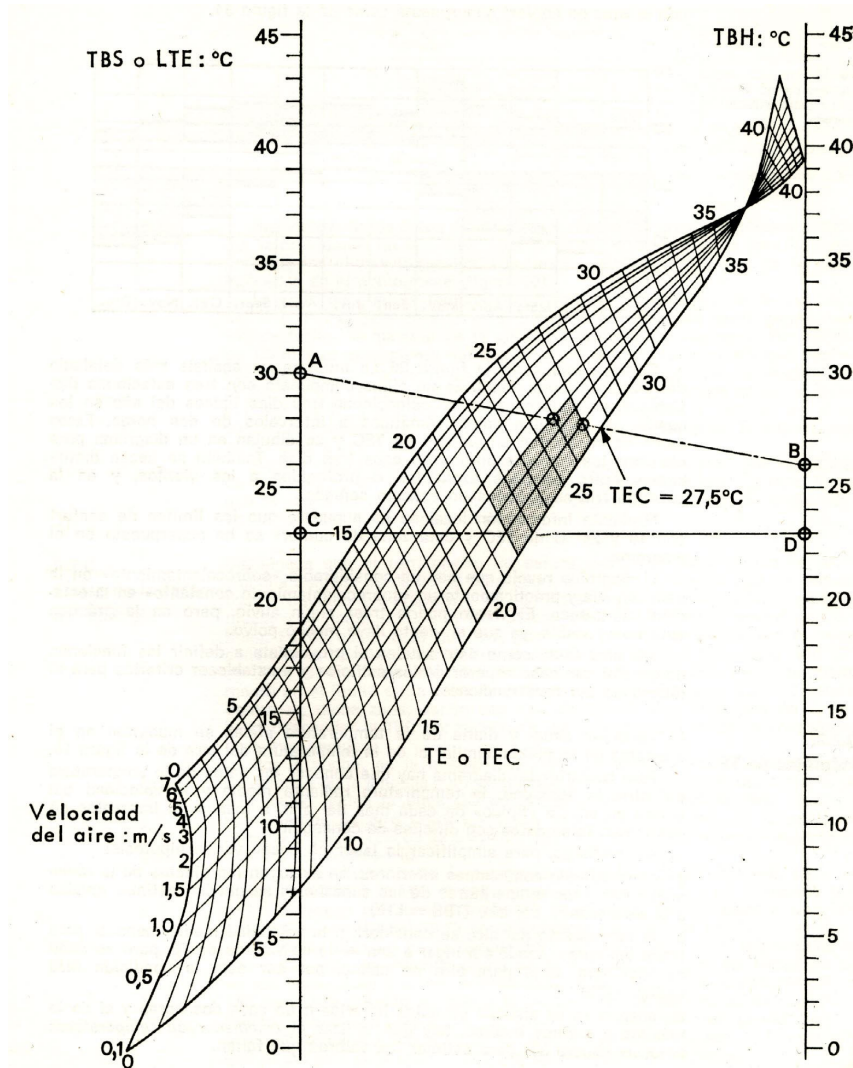
Fonte: Gonzalez et al., 1986, p. 56

<sup>14</sup> Considera-se o ar praticamente em repouso quando em velocidades compreendidas entre 0,1 e 0,15 m/s.



**Vernon e Warner**, em 1932, propuseram correções à TE, denominando-a Índice de Temperatura Efetiva Corrigida (TEC) (Fig. 2.15). A TEC substituiu, a temperatura de bulbo seco pela temperatura do termômetro de globo, incluindo os efeitos da radiação. Mais tarde, Koenigsberger et al. adaptaram a delimitação da zona de conforto sobre o nomograma da Temperatura Efetiva para habitantes de regiões de climas quentes, considerando vestimentas normais e trabalho leve (GONZALEZ et al., 1986). A TEC foi adotada como padrão mundial por quase cinco décadas, inclusive pela ASHRAE. As críticas ao índice relacionavam-se ao efeito da umidade relativa, superestimado para baixas temperaturas e subestimado para altas temperaturas. A ASHRAE substituiu a TEC, em 1971, pela Nova Temperatura Efetiva ( $TE^*$ ) e, logo, pela Temperatura Efetiva Padrão (TEP) (ARAÚJO, 2001).

FIGURA 2.15 – Utilização do Nomograma da Temperatura Efetiva Corrigida



Fonte: Koenigsberger et al., 1977, p. 76

Normalmente representados por nomogramas, estes índices constituem as primeiras tentativas de definição de um índice genérico para predição de conforto (MONTEIRO e ALUCCI, 2005a). Nesta fase poderiam ser citados, ainda, os índices: Temperatura Resultante (*Resultant Temperature* – RT), de Missenard, França, 1931; Calor Equivalente (CE), de Bedford, Inglaterra, 1936; Temperatura Operativa (TO), de Winslow, Herrington e Gagge, Estados Unidos, 1937; e Taxa de Sudação Prevista em 4 Horas (*Predictable Four Hour Sweat Rate* – P4SR) de McAriel e colaboradores, Inglaterra, 1947. Esse último índice considera a temperatura de globo, a temperatura de bulbo úmido, a velocidade do vento, a taxa metabólica e a vestimenta.

No entanto, esses índices menosprezam o efeito de resfriamento do movimento do ar nas condições de altas umidades. Isto, porque em condições de altas taxas de temperatura e de umidade relativa do ar, o contato da pele com o ar em movimento favorece a evaporação do suor, produzindo uma sensação de refrescamento e, conseqüentemente, de conforto termo-higrométrico. Mas, quando a temperatura do ar é elevada e a umidade é baixa, o movimento do ar pouco favorece (KOENIGSBERGER et al., 1977).

Monteiro e Alucci (2005a) citam como um segundo grupo os trabalhos empíricos de Simple e Passel, em 1945; Webb, em 1960; e Masterton e Richardson, em 1979, os quais consideram de forma simplificada um número limitado de variáveis para uma situação específica; o trabalho de Belding e Hatch, em 1955, que é apropriado a condições de trabalho industrial pesado somente em ambientes fechados; e o de Yaglou, em 1957, que propõe a Temperatura de Globo e de Bulbo Úmido (*Wet Bulb Globe Temperature* – WBGT), a qual até hoje é utilizada e fundamenta a norma internacional ISO 7243/1989 e a norma nacional NR15/1978.

O terceiro grupo de índices referidos por Monteiro e Alucci (2005a), inclui as pesquisas baseadas em modelos de balanço térmico, como os índices de Givoni e Berner, de 1967; Gagge, de 1967; Jendrizki, de 1979, Dominguez, de 1992; e Brown e Gillespie, de 1955. Por sua relevância na presente pesquisa, os dois primeiros são comentados a seguir.

**Givoni e Berner**, em 1967, em Israel, criaram o Índice de Estresse Térmico (*The Index of Thermal Stress* – ITS). Este índice baseia-se em um modelo biofísico, considerando a taxa de metabolismo, diferentes vestimentas e taxa de sudação, além de diversos fatores térmicos subjetivos e objetivos da troca de calor entre o homem e o ambiente. Sua utilidade estende-se desde as condições confortáveis até o extremo

desconforto termo-higrométrico, em relação ao qual os ajustes fisiológicos sejam capazes de manter o equilíbrio. Por exemplo, o ITS assume que, em diversas condições ambientais, o suor é secretado a uma taxa suficiente para se obter o resfriamento mediante a evaporação necessária para o equilíbrio térmico entre o corpo humano e o ambiente, e que a eficiência da transpiração é compensada por meio da auto-regulagem do organismo. Conforme Givoni (1997), “o ITS proporciona um método analítico para determinar o efeito combinado da taxa metabólica, das condições ambientais e da vestimenta sobre a tensão fisiológica manifestada pela taxa de sudação”.

Inicialmente elaborado para ambientes internos e pessoas com um tipo de vestimenta, o ITS foi mais tarde revisado mediante o aprofundamento da pesquisa experimental e reformulado para ambientes externos, com a inclusão de fatores como a radiação solar e abrangendo vestimentas de vários índices de isolamento térmico (GIVONI, 1997).

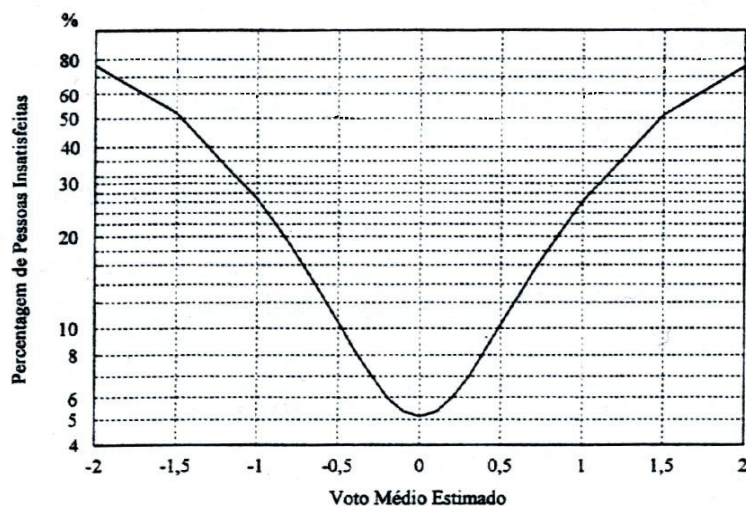
**Gagge**, em 1967, divulgou a Nova Temperatura Efetiva (*New Effective Temperature – ET\**), índice teórico que incorpora os resultados das correções das diversas pesquisas realizadas até então e os resultados de experimentos com pessoas de diferentes características de idade, sexo, hábitos alimentares etc. Neste índice, o conceito de umidade da pele assume importante papel como indicador de desconforto (devido ao efeito termorregulador de sudação), em função da temperatura e da umidade do ar, e é aplicado a pessoas em atividade sedentária e vestimenta leve (ARAUJO, 2001, p. 42).

O mesmo autor, em pouco tempo, propôs a Nova Temperatura Efetiva Padrão (*New Standard Effective Temperature – SET\**), ampliado para considerar diversos tipos de vestimentas, atividades e variáveis ambientais. A SET\* é obtida por meio da comparação do esforço fisiológico no ambiente real e num ambiente de referência de condições determinadas (onde a temperatura radiante média é igual à temperatura do ar, a umidade relativa do ar é 50% e a velocidade do vento é de 0,15 m/s; e o indivíduo em pé e parado, com resistência térmica  $I_{clo} = 0,9$  clo). A SET\* de um ambiente é então definida como a temperatura na qual o indivíduo apresenta o mesmo esforço fisiológico (temperatura média e umidade da pele) que no ambiente de referência. O esforço fisiológico e o conforto térmico coincidem, nos dois ambientes, “porque a temperatura da pele e a fração de pele coberta por suor regulatório estão altamente correlacionadas com o desconforto subjetivo em ambientes frios e quentes, respectivamente”. (MONTEIRO e ALUCCI, 2005a, p. 1214).

Em 1970, **Fanger**, pesquisador do Laboratório de Calefação e Condicionamento de Ar da Universidade Técnica da Dinamarca e do Instituto de Pesquisas Ambientais da Universidade de Kansas, nos Estados Unidos, realizou um importante trabalho na área de investigação relacionada aos estudos voltados à aplicação de parâmetros de conforto na indústria de ar-condicionado. Em sua obra *Thermal Comfort* (FANGER, 1970), evidencia uma visão do estudo do conforto térmico como necessariamente inter e multidisciplinar, abrangendo disciplinas como transferência de calor e massa, fisiologia e psicofísica, ergonomia, biometeorologia, arquitetura e engenharia têxtil.

A visão holística de Fanger se reflete na formulação de sua complexa equação geral, em que são correlacionadas a “sensação térmica” com a atividade metabólica do corpo humano, a vestimenta (de resistência térmica avaliada de 0 a 4 clo) e o ambiente (a temperatura, a umidade relativa e a velocidade do ar e a temperatura radiante média), destacando-se a necessidade de se considerar o efeito combinado das diversas variáveis.

FIGURA 2.16 – Relação entre Voto Médio Estimado e Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas



Fonte: Fanger, 1970

Fanger determinou três requisitos de conforto: o balanço térmico (equilíbrio da produção de calor pelo corpo com a perda de calor para o ambiente); a temperatura média da pele (relacionada às sensações de conforto); e a existência de uma taxa preferencial de sudorese para o conforto, em função da taxa metabólica.

Em um trabalho experimental, de avaliações de sensação térmica em indivíduos de nacionalidades, sexos e idades diferentes e para condições ambientais

específicas, Fanger obteve o voto médio estimado (PMV – *Predicted Mean Vote*), que representa a sensação térmica média humana em relação ao ambiente, numa escala de -3,0 (muito frio) a +3,0 (muito calor). O PMV foi, então, relacionado com a porcentagem de pessoas insatisfeitas (PPD – *Predicted Percentage of Dissatisfied*) (Fig. 2.16). A pesquisa de Fanger foi adotada pela ISO 7730, que recomenda para espaços ocupados a faixa do PMV de 10%, ou seja entre -0,5 e +0,5 (FANGER, 1970).

Enquanto o método de Fanger é mais utilizado na França e no Brasil, a Nova Temperatura Efetiva Padrão (SET\*), de Gagge, tem sido mais utilizada na Europa, por definir as condições de conforto térmico mediante as condições climáticas locais (ARAÚJO, 2001, p. 42).

**Morgan e Baskett**, em 1974, ao investigar os índices existentes, constataram que, em sua maioria, eram aplicáveis somente aos ambientes internos, uma vez que não consideravam os efeitos da radiação solar. Também detectaram a falta de integração entre os fisiologistas e os meteorologistas, pois os índices se aprofundavam ou nos processos fisiológicos de trocas térmicas, ou nos fatores ambientais; a outra parte era tratada de forma limitada. Os autores propuseram então o MANMO (*Man Model*) que permite o cálculo da temperatura e da umidade da pele a partir de fatores fisiológicos (tamanho, localização, atividade, vestimenta) e ambientais (radiação, temperatura do ar, umidade e movimento do ar). Os parâmetros foram relacionados ao grau de conforto de Winslow, Herring e Gagge, em 1937, e na relação de Fanger entre a temperatura confortável da pele e a taxa metabólica, estabelecendo-se a sensação térmica (LOUIS e LABAKI, 2001).

De acordo com Roriz (1987), nas últimas décadas, inúmeras pesquisas foram desenvolvidas por diversos autores em países diferentes, visando identificar as preferências térmicas de determinadas populações e aperfeiçoar as normas existentes (como ISO e ASHRAE), uma vez que as mesmas não se adequam a todas as regiões climáticas. Os métodos empregados nestes trabalhos compreendem desde a aplicação de questionários de sensação térmica a grupos de indivíduos relativamente homogêneos simultaneamente à realização de medições das condições climáticas, até aqueles realizados em laboratórios com cabines artificialmente climatizadas, nas quais os fatores climáticos são controlados separadamente, possibilitando a aferição das influências de cada uma das variáveis sobre as sensações térmicas dos ocupantes. Dentre as pesquisas citadas pelo

autor, destacam-se a Zona de Conforto de Vogt e Miller-Chagas, França, 1970; Humphreys, Inglaterra, 1978; Evans, Inglaterra, 1980; e Rivero, Uruguai, 1995.

**Humphreys**, em 1975, analisando cerca de sessenta enquetes de diversos países, concluiu que as temperaturas preferidas nos interiores das edificações sem climatização artificial eram linearmente relacionadas às temperaturas médias mensais exteriores. O método de Humphreys se baseia no equacionamento matemático desta relação. Para as edificações climatizadas naturalmente, a relação é linear; nas climatizadas artificialmente, curvilínea. Os cálculos de regressão linear realizados por Humphreys indicaram uma correlação de 78% entre os valores das temperaturas preferidas e a temperatura média externa. A temperatura indicada como confortável pelos entrevistados, denominada Temperatura Neutra ( $T_n$ ) por Humphreys, variou de 17° a 30°C, dependendo das condições externas. Desta forma, a percepção de desconforto ao entrar ou sair de uma edificação seria minimizada ao se reduzir a diferença térmica entre os ambientes externo e interno – mas somente em climas amenos, sob pena de se reproduzir o desconforto exterior. Assim, segundo o autor, a  $T_n$  pode ser prevista com considerável precisão a partir da temperatura mensal externa e independe da amplitude da temperatura diária (RORIZ, 1987).

Ainda conforme Roriz (1987, p. 91), “o expressivo número de dados empíricos considerados [...] aliado à abrangência geográfica dos mesmos, lhe confere inegável confiabilidade”. A omissão sobre os efeitos da umidade do ar se justifica por seus efeitos serem relevantes somente fora da zona de conforto. Assim, para uma faixa de aplicação de 10° a 33°C, Humphreys identificou, em 1975, a seguinte Equação 2:

$$T_n = 11,9 + 0,534 T_{mm} \text{ [°C]} \quad (2)$$

Onde:

$T_n$  = Temperatura Neutra

$T_{mm}$  = Temperatura Média Mensal: média aritmética entre as temperaturas média das máximas e média das mínimas do mês.

Em 1987, Szokolay (apud RORIZ, 2003), na condição de que a  $T_n$  permaneça entre 18,5° e 28,5°C, identificou a Equação 3:

$$T_n = 17.6 + 0.31 \cdot T_{mm} \text{ [°C]} \quad (3)$$

**Aroztegui**, em 1995, propõe a Temperatura Neutra Exterior ( $T_{ne}$ ), fundamentado no modelo de Humphreys – a Temperatura Neutra ( $T_n$ ). Para Aroztegui, as expectativas das variações térmicas das pessoas em ambientes condicionados naturalmente, evidenciadas por Humphreys, traduzem uma adaptação nos hábitos de vida, vestimentas e atividades (LOUIS e LABAKI, 2001; MONTEIRO e ALUCCI, 2005b).

Nos ambientes internos de baixa velocidade do ar e temperaturas médias radiantes próximas às temperaturas do ar, há uma comprovada correlação linear entre a Temperatura Média Mensal ( $T_{mm}$ ) e a Temperatura Neutra ( $T_n$ ). Em ambientes fora das edificações, também os efeitos dos principais agentes externos deverão considerados: a radiação solar e a velocidade do vento. Estas variáveis de avaliação bastante complexa devem ser incorporadas às variáveis que compõe a Temperatura Neutra Interna para definir a Temperatura Neutra Exterior ( $T_{ne}$ ).

Enquanto a radiação solar deve incluir o efeito da temperatura radiante segundo a posição do Sol, o aspecto do céu e as reflexões do entorno, a velocidade do vento é afetada “no espaço e no tempo por acidentes aleatórios no nível do pedestre” (LOUIS e LABAKI, 2001).

A dificuldade de apreciação destas variáveis impõe determinadas simplificações. Assim, Aroztegui, com base no Índice de Stress Térmico (ITS), de Givoni, propõe uma equação empírica que acrescenta os efeitos das variáveis características do exterior à temperatura neutra interior. Para uma taxa de sudorese considerando-se as características médias do indivíduo (em atividade sedentária e roupas de 0,8 clo) e do entorno (umidade relativa entre 35% e 65%), foi determinada a equação da Temperatura Neutra Exterior (Eq. 4):

$$T_{ne} = 3,6 + 0,31 \cdot T_{mm} + \{100 + 0,1 R_{dn} [1 - 0,52 (v^{0,2} - 0,88)]\} / 11,6 v^{0,3} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (4)$$

Onde:

$T_{ne}$  = Temperatura Neutra Exterior [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$T_{mm}$  = Temperatura Média Mensal [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$R_{dn}$  = radiação solar direta normal [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];

$v$  = velocidade do ar [ $\text{m}/\text{s}$ ].

Se a temperatura do ar for inferior à Temperatura Neutra Exterior ( $T_{ar} < T_{ne}$ ) considera-se um período frio (LOUIS e LABAKI, 2001).

Há, portanto, duas correntes de pensamento quanto à definição das condições de conforto térmico: a primeira, busca estabelecer um índice de conforto universal; e a segunda, adota o Conforto Adaptativo que considera a adaptação ao clima.

Conforme Roriz (2003), o primeiro grupo de pesquisadores defende a possível universalidade dos limites de conforto térmico, uma vez que, por serem biologicamente idênticas em todo o planeta, as pessoas devem ter as mesmas preferências térmicas. Esta vertente tem como principal representante Fanger (1970), com suas pesquisas desenvolvidas em laboratório com câmaras climatizadas, na Dinamarca e nos Estados Unidos. As pessoas que permaneciam certo tempo nestas câmaras respondiam questionários de sensação térmica, nos quais Fanger baseou suas equações. Esta abordagem, conhecida como “analítica” ou “racional”, considera parâmetros individuais (peso, roupa e taxa metabólica) e ambientais (temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade e umidade do ar), conforme descrito anteriormente. As equações de Fanger, amplamente aceitas, fundamentaram importantes normas como ANSI/ASHRAE 55 (1992) e ISO 7730 (1994).

A outra vertente adota a abordagem “adaptativa” e se fundamenta na capacidade de adaptação das pessoas às situações climáticas. Esta linha, mais recente, tem entre seus fundadores Humphreys, desde a publicação de sua pesquisa, em 1978. Em um novo e mais completo trabalho elaborado por ele em co-autoria com Nicol, em 2001, propõe uma alteração nas equações de Fanger, adequando-as ao caráter adaptativo das sensações térmicas humanas. Segundo Roriz (2003), as Planilhas de Mahoney, elaboradas por Mahoney, Koenigsberger e Evans e divulgadas em 1970, já consideravam os princípios adaptativos. Neste método de análise bioclimática, os limites de conforto além de se adaptarem ao clima regional, se distinguem para períodos diurnos e noturnos. As Tabelas são definidas conforme as médias mensais da umidade relativa e a média anual de temperatura do ar no ambiente externo.

Contra a adoção de limites universais das temperaturas de conforto, e em favor da vertente do Conforto Adaptativo, há o argumento de que, além das ações conscientes das pessoas, há a própria aclimação: “povos habituados a zonas mais quentes, por exemplo, seriam mais intolerantes ao frio e aceitariam temperaturas mais altas, ocorrendo o inverso com aqueles acostumados a viver em regiões mais frias” (Roriz, 2003, p. 339). Para o autor, a adaptação térmica pode ocorrer como



ajuste de comportamento (seleção da vestimenta e de atividade, controle das aberturas etc.); adaptações fisiológicas (aclimatação); e reações psicológicas (expectativas decorrentes da experiência pessoal acumulada frente às situações térmicas típicas locais).

Oliveira e Labaki (2003, p. 1367), citando Humphreys, 1998, afirmam que certos métodos de investigação do conforto, como os que utilizam câmaras climatizadas, promovem uma adaptação coletiva que não considera as diferenças existentes entre regiões climáticas e entre diferentes culturas. Assim, o fator cultural de um povo também é influenciador da sensação de conforto.

### **O Padrão de Conforto Adaptativo (ACS)**

O Conforto Adaptativo (*Adaptive Comfort Standard* – ACS) inicialmente proposto por Nicol e Humphreys, em 2002, visa definir uma temperatura operativa ótima em ambientes internos e se baseia na capacidade das pessoas de encontrarem meios de restaurar o conforto em situações, nas quais as mudanças produzem condições desconfortáveis (KRÜGER, 2006).

Brager e De Dear (2002) discutem o Padrão de Conforto Adaptativo (ACS) proposto como alternativa complementar para o Padrão ASHRAE 55, vigente na ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering* (Sociedade Americana de Engenharia de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado).

O “Padrão ASHRAE 55 – condições térmicas ambientais para ocupação humana”, tem como propósito especificar os fatores que produzirão condições ambientais térmicas “aceitáveis” para 80% ou mais dos ocupantes de um espaço. Para a comunidade de pesquisa em conforto térmico, “aceitável” é sinônimo de “satisfação” e se associa à investigação tradicional para determinar a sensação de conforto térmico, baseada em Fanger.

Segundo Brager e De Dear (2002) uma ampla pesquisa foi realizada recentemente pela ASHRAE em quatro continentes de zonas climáticas diversas, com a finalidade de investigar a diferença entre as respostas térmicas das pessoas dentro de ambientes condicionados e de construções naturalmente ventiladas. Os resultados apontaram na direção de um novo padrão de conforto – o Padrão de Conforto Adaptativo (ACS).

O Padrão ASHRAE 55 atual se baseia no modelo de equilíbrio de calor do corpo humano em que quatro fatores ambientais (temperatura, radiação térmica, umidade e velocidade de ar) e dois fatores pessoais (atividade e vestimenta) são os fatores determinantes da sensação térmica. Como alternativa complementar à teoria de percepção térmica de Fanger, Brager e De Dear (2002) sugerem o modelo Adaptativo, no qual, além dos fatores físicos fundamentais do clima, da fisiologia e das preferências térmicas dos ocupantes de edifícios, são consideradas também as expectativas das pessoas sobre o clima.

Além do efeito do microclima sobre o equilíbrio de energia considerado pelo modelo anterior de conforto térmico, o ACS leva em conta também o contexto climático na predição do conforto. Para os autores, os tipos de tempo e as estações influenciam fortemente as reações humanas ao ambiente térmico. As previsões do tempo associadas às experiências recentes e às amplitudes sazonais em longo período afetam as escolhas de vestimentas e as adaptações psicológicas na forma de expectativas térmicas.

A estreita faixa de condições térmicas imposta pelo padrão convencional, aplicável para todos os tipos de construções, climas e populações, resultava em estreitos limites para conforto térmico, dificultando o funcionamento dos edifícios sem condicionamento mecânico, mesmo em condições climáticas relativamente amenas, acarretando um desperdício de energia.

As pessoas que vivem durante o ano todo em espaços artificialmente condicionados se adaptam às faixas de conforto mais estreitas e constantes, típicas do condicionamento mecânico, desenvolvendo expectativas de alta homogeneidade da temperatura. Os ocupantes de edifícios naturalmente ventilados e com aberturas controláveis se acostumam à diversidade térmica que reflete a variabilidade diária e sazonal do clima local. Assim, aceitam uma gama mais larga de condições, que se aproxima mais dos padrões de clima ao ar livre, pois suas percepções térmicas se estendem sobre um espectro mais amplo de temperaturas (BRAGER e DE DEAR, 2002).

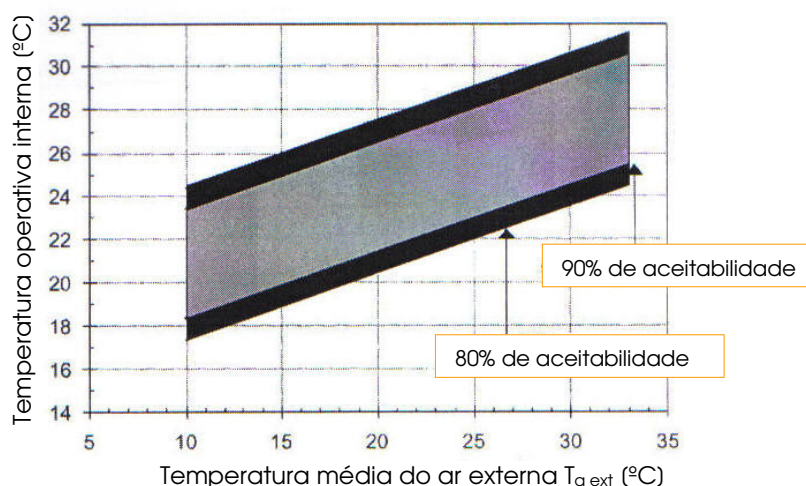
Visando estimular o uso dos dados meteorológicos pelos profissionais, buscou-se um índice acessível. O ACS foi por isso reformulado em termos de temperatura média mensal do ar livre, simplesmente definida como a média aritmética da média mínima diária e média máxima diária externa (bulbo seco), considerando-se as temperaturas durante o mês em questão, pois o mês é a

unidade típica de análise para registros climatológicos. A temperatura ótima de conforto  $T_{\text{comf}}$  é, portanto, calculada baseada na média mensal da temperatura externa  $T_{\text{a ext}}$  (Equação 5) (BRAGER e DE DEAR, 2002):

$$T_{\text{comf}} = 0.31 * T_{\text{a ext}} + 17.8 \quad (5)$$

A faixa para 90% de aceitabilidade é de 5°C e para 80% de aceitabilidade é de 7°C, ambas centradas na temperatura de conforto ótimo. Em seguida, os valores médios foram aplicados como limites de temperatura constantes em torno da temperatura ótima derivada empiricamente ( $T_{\text{comf}}$ ) da Equação (5) visando-se estabelecer uma faixa de conforto. O resultado de 90 e 80% dos limites de aceitabilidade é apresentado na Figura 2.17.

FIGURA 2.17 – Padrão de Conforto Adaptativo (ACS) proposto para a ASHRAE



Fonte: Brager e De Dear, 2002

### A temperatura ideal e os limites de conforto térmico

Roriz (1987) comparou alguns métodos de avaliação de conforto térmico, fixando determinadas variáveis: atividade metabólica = 125 kcal/h; roupa com isolamento = 0,5 clo; velocidade do ar = 0,1 m/s; e temperatura média radiante = temperatura do ar. A partir desses valores, o autor ajustou a temperatura de conforto ideal em cada índice para relacioná-los, obtendo os resultados apresentados na Tabela 2.8:

TABELA 2.8 – Comparação entre as temperaturas ótimas de conforto térmico em diversos autores

Autor	TBS	Umidade Relativa	
1. Olgyay	26,0	10	40
2. Givoni	24,0	20	90
3. Vogt-M.Chagas	20,2	55	80
4. Fanger	24,3	00	100*
5. Lotersztain	20,7	30	70*
6. Evans	25,5	30	70
7. Rivero	24,8	30	60

(\*) Os autores não definem limites para a umidade relativa

Fonte: Roriz, 1987, p.101-103

Segundo Roriz (1987), as diferenças entre os valores encontrados se devem em parte às diversidades das variáveis consideradas em cada método e ao fato de as amostras terem sido restritas e representativas de nacionalidades, idades e atividades específicas.

Para Sorre (1984) as condições climáticas correspondentes ao “ótimo fisiológico” se situam em torno de uma temperatura do ar de 16°C associada a uma umidade relativa de 60%. Afastadas destas condições, as pessoas podem apresentar manifestações psicofisiológicas decorrentes do desequilíbrio termo-higrométrico do organismo humano. O autor adota como limites de conforto térmico, as temperaturas do ar de 16° e 23°C. Abaixo desta faixa, o frio aciona os mecanismos da termogênese; e, acima da mesma, o calor provoca a excitação dos mecanismos termolíticos. Givoni (1992), preconiza limites de temperatura entre 18° e 29°C para países em desenvolvimento.

Ayoade (2003) utiliza a Temperatura Efetiva devido à relação entre a temperatura e a umidade do ar na temperatura fisiológica<sup>15</sup>. A velocidade do ar e a radiação solar não são menos importantes, mas são consideradas como constantes pela dificuldade de medição e de controle, pela sua alta variabilidade nas condições normais cotidianas e por sua difícil reprodução em laboratório. Para o autor, o estresse ao frio surge abaixo de 18,9°C e o estresse ao calor, acima de 25,6°C de TE.

O Índice de Temperatura Efetiva (TE) é fornecido pela Equação 6:

$$TE = 0,4 (T_s + T_U) + 4,8 \quad (6)$$

Onde:

$T_s$  e  $T_U$  são as temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido medidas em °C.

<sup>15</sup> Ayoade (2003, p. 63) define a temperatura fisiológica como uma temperatura variável de indivíduo para indivíduo, que “depende da temperatura do ar, bem como da taxa de perda de calor proveniente daquele organismo”.

Ayoade (2003, p. 65) aplicou o índice de TE (Temperatura Efetiva) para diversas regiões do mundo e obteve a classificação de zonas de conforto apresentada na Tabela 2.9:

TABELA 2.9 – Comparação de algumas zonas de conforto de âmbito mundial

Área	Zona de Conforto TE (°C)	Investigador
Norte dos EUA	20 - 22	American Society of Heating and Air
Sul dos EUA	21 - 25	conditioning Engineers (1955)
Europa Continental	20 - 26	McFarlane (1958)
Índia	21 - 26	Malhotra (1955)
Indonésia	20 - 26	Mom (1947)
Malásia	21 - 26	Webb (1952)
Inglaterra	14 - 19	Bedford (1952)
Norte da Nigéria	18 - 21	Peel (1961)

Fonte: Ayoade, 2003, p. 66, modificado segundo Terjung, 1968

Entre os diversos parâmetros de avaliação do conforto térmico pesquisados, adotam-se três critérios como os mais apropriados aos objetivos desta pesquisa:

- o método de Givoni (1992), por sua adequação aos países em desenvolvimento e pela praticidade ao indicar as estratégias bioclimáticas a serem utilizadas visando-se à obtenção do conforto térmico;
- como limites fixos, a zona de conforto sugerida por Sorre (1984), de 16° a 23°C, por se adequar às características climáticas de Curitiba, e por poder ser associada ao cálculo da Temperatura Efetiva (TE) de forma a possibilitar uma avaliação mais completa das condições termo-higrométricas;
- na vertente do Conforto Adaptativo, a Tne (Temperatura Neutra Exterior) de Aroztegui (1995), por ser adequada ao conforto térmico ao ar livre. Utilizada em composição com os “limites de aceitabilidade” de 80% e 90% da ASHRAE permite a definição de uma “zona de conforto adaptativo”.

Embora o Conforto Adaptativo tenha se revelado como a opção mais sensata, observa-se que a versão para ambientes externos de Aroztegui (1995) necessita ser desenvolvida mediante um maior número de pesquisas e carece de uma divulgação mais eficiente e detalhada de seus procedimentos. Desde que tais dificuldades sejam superadas, considera-se a adoção deste método de avaliação de conforto térmico como o mais adequado para aplicação em espaços abertos no AU-RMC. No Capítulo 5 encontra-se a aplicação dos métodos de avaliação selecionados. Apresenta-se a seguir, uma breve reflexão sobre a adequação dos espaços construídos aos princípios bioclimáticos.

#### 2.4.5 O Desenho Urbano sob o Aspecto Bioclimático

À medida que a cidade se torna mais complexa, o urbanismo deve ser realizado por grupos interdisciplinares que incluam, além das profissões históricas do urbanismo, novas competências profissionais, bem como novos atores, desde autoridades locais até a associação dos habitantes. Embora o planejamento urbano atue diretamente no meio físico, definindo o uso e a ocupação do solo, estará efetivamente interferindo nas relações sociais do espaço, com conseqüências no âmbito socioeconômico-cultural, bem como no clima urbano.

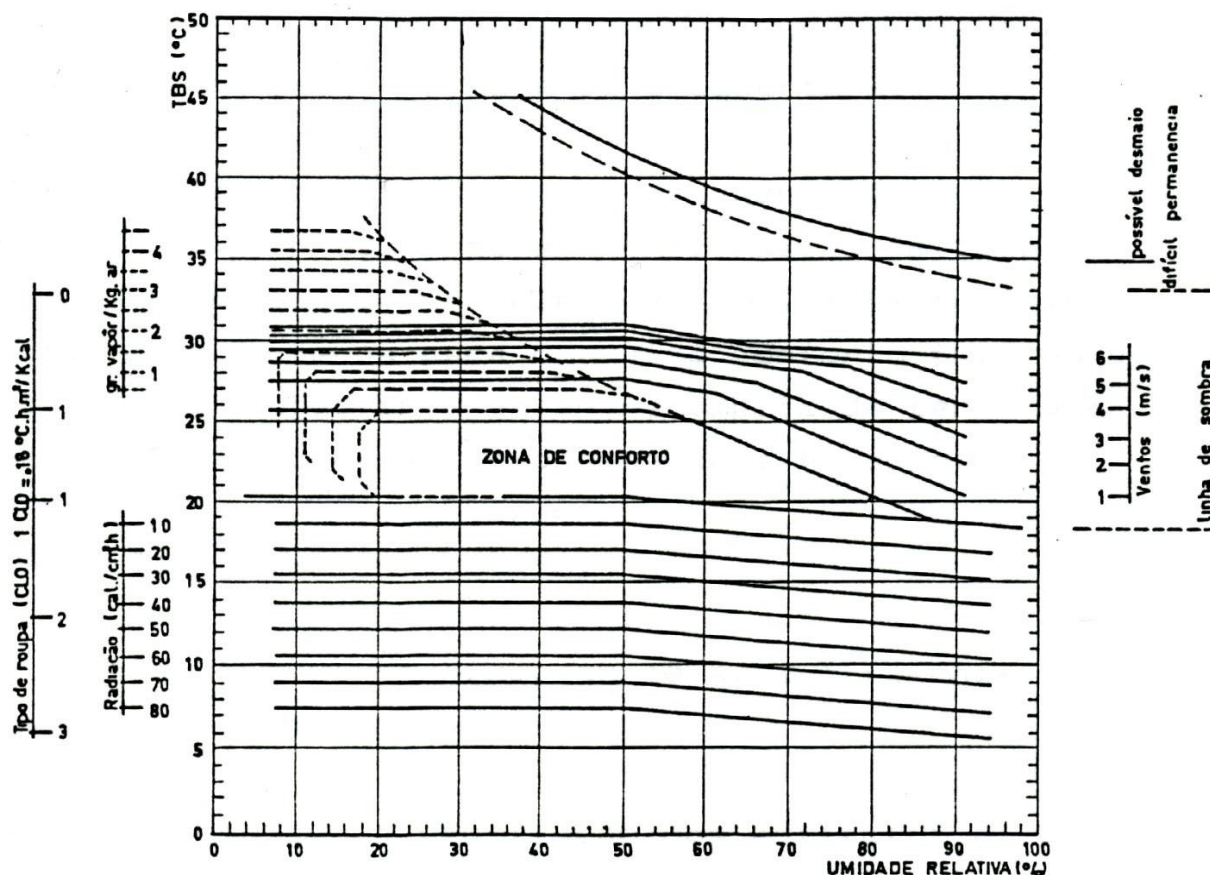
O planejamento das cidades deveria considerar as condições climáticas intra-urbanas resultantes da interação da natureza e da sociedade (conformação do relevo, massas de vegetação, estrutura urbana, circulação de ar, entre outras). O conhecimento das condições climáticas em localidades diferenciadas na cidade pode contribuir para a melhoria das condições de conforto humano dentro e fora das edificações e, portanto, da qualidade de vida urbana em um prazo relativamente curto e de forma duradoura.

Mediante a avaliação das características do clima externo/interno, é possível identificar as medidas de condicionamento passivo a serem aplicadas no planejamento do ambiente construído. Com este objetivo, Olgyay (1963) desenvolveu a primeira carta bioclimática, em que os dados físicos característicos do clima, como temperatura e umidade do ar, temperatura média radiante, velocidade do vento, radiação solar e taxa de evaporação, foram associados à sensação humana de conforto.

A Carta Bioclimática (Fig. 2.18), de Olgyay publicada em 1963, descreve a interação entre variáveis climáticas e a sensação de conforto humano. Baseando-se em informações fisiológicas, a carta mostra a zona de conforto humano estabelecida estatisticamente para pessoas em repouso e com roupas leves. Se a temperatura e a umidade relativa do ar se localizarem fora da zona de conforto, será necessário recorrer às medidas corretivas propostas no gráfico, em função do vento, da radiação solar, do sombreamento e resfriamento por evaporação (GIVONI, 1976).

Segundo Roriz (1987), a relativa precisão apresentada pelo gráfico é positiva por não induzir ao equívoco de se considerar como exatas apreciações que são, na realidade, subjetivas. Os índices adicionais (resistência térmica das roupas, a velocidade do ar, a evaporação da água e a radiação solar) compõem o conjunto de limites e condicionantes de conforto de fácil leitura e orientam o procedimento correto para a obtenção de condições ideais de conforto.

FIGURA 2.18 – Diagrama Bioclimático de Victor Olgay (1963)



Fonte: Roriz, 1987, p. 45

A mais clara descrição do método de Olgay é feita por Aroztegui (apud RORIZ, 1987, p. 42-43):

estão ainda graficadas<sup>16</sup> as resistências térmicas das roupas (em unidades CLO), necessárias para ampliar a zona de conforto até limites inferiores. A velocidade do ar aumenta as perdas por convecção e evaporação elevando então os limites superiores de conforto, até determinados limites de eficiência. [...] A evaporação d'água na atmosfera absorve calor, reduzindo sensivelmente a temperatura. Nos climas quentes e secos, onde a evaporação é rápida, é possível, por meio da introdução de umidade no ambiente [...], melhorar apreciavelmente as condições de conforto. Este efeito é também graficado com elevações do limite superior do conforto em mais de 1,0°C para cada 5 gramas de vapor incorporadas por quilograma de ar. Os efeitos da radiação solar são também graficados, considerando que cada 10 cal/h cm<sup>2</sup> baixam o nível inferior do conforto em 1,7°C.

<sup>16</sup> *Graficado*: termo usado pelo autor significando *representado por meio de gráfico*.

Embora a carta bioclimática de Olgyay (1963) tenha sido desenvolvida para a zona de clima temperado dos EUA, ela pode ser utilizada em outras zonas climáticas, desde que com as devidas adaptações. O autor sugere um acréscimo de 2º a 3ºC na zona de conforto a ser considerada para locais de temperaturas mais elevadas e um decréscimo equivalente em zonas de temperaturas mais baixas.

Baseando-se nos estudos de Olgyay e no Índice de Estresse Térmico (*Index of Thermal Stress* – ITS) de Givoni e Berner, Givoni divulgou, em 1969, um método que permite determinar as estratégias para adaptação do ambiente construído ao clima local, visando ao conforto térmico. Considerando usuários aclimatados e em atividade sedentária, o autor determinou as estratégias necessárias para cada condição de temperatura do ar e umidade relativa sobre o Diagrama Bioclimático, desenvolvido sobre gráfico psicrométrico convencional, facilitando a análise climática e a seleção de alternativas de projeto. O Diagrama Bioclimático de Givoni<sup>17</sup> considera os efeitos da própria edificação sobre o ambiente interno, diferindo da Carta Bioclimática de Olgyay, que observava apenas as condições climáticas externas (GONZALEZ et al., 1986).

Em seu trabalho realizado em 1992, Givoni expandiu os limites máximos do conforto termo-higrométrico para países em desenvolvimento, onde a maior parte dos edifícios não são climatizados ou ventilados artificialmente e, portanto, os seus usuários aceitam como normais maiores variações de temperatura e de velocidade do ar.

De acordo com Givoni (1997), pode-se interferir no clima de determinado espaço promovendo condições de conforto térmico e reduzindo o aporte de energia para o condicionamento mecânico. Em relação ao planejamento urbano, o autor sugere que sejam considerados os seguintes fatores:

- escolha do local para a implantação da cidade ou conjunto urbano;
- dimensionamento da cidade ou empreendimento;
- definição da densidade urbana, do equilíbrio entre espaços abertos e edificações e da distância entre as edificações;
- seleção do tipo e dimensionamento da área de cobertura do solo;
- estabelecimento da orientação da malha urbana e da largura das caixas das vias;
- definição da altura média das edificações; e
- desenho das edificações.

---

<sup>17</sup> A aplicação do Diagrama Bioclimático de Givoni para o AU-RMC encontra-se no Capítulo 5.



Em toda a parte e também no Brasil, um número crescente de pesquisas vem sendo realizado sobre a adequação do desenho dos edifícios e das cidades às condições climáticas locais, observando-se a orientação das construções e da malha viária, sua exposição à ventilação natural e à luz do Sol, o controle solar, a forma e os materiais de construção utilizados, o albedo e a permeabilidade das superfícies, entre outras medidas.

Portanto, desde a sua concepção, o planejamento da cidade deve considerar os princípios bioclimáticos, ou seja, o emprego de energia passiva, evitando a dissipação dos recursos naturais para proporcionar o conforto térmico nas edificações urbanas. Os espaços urbanos, o uso do solo e as tipologias de projeto devem ser configurados mediante critérios ambientais e fundamentados em estudos do clima da cidade e, desta forma, promover condições de conforto térmico e eficiência energética (DUMKE e KRÜGER, 2005).

Para Olgyay (1963), o tecido urbano resulta de uma interação de vários fatores: físicos, climáticos e culturais: mas as condições climáticas parecem ter tradicionalmente influência decisiva nas variações da densidade da trama urbana.

Ao descrever três antigos assentamentos urbanos em regiões climáticas distintas (quente-seca, quente-úmida e temperada), Olgyay (1963, p. 8-9) observa a diversidade dos traçados, que se distinguem nos âmbitos espacial, temporal e socioeconômico. Entretanto, pode-se verificar, na Figura 2.19, como a geometria das unidades individuais e o afastamento entre elas se reflete nos conjuntos de características regionais, constituindo respostas claras às exigências climáticas de cada local.

FIGURA 2.19 – Conjuntos urbanos em regiões de climas distintos



Desta forma, as comunidades tendem a criar uma *configuração urbana* apropriada para cada conjunto de exigências climáticas. Enquanto as regiões frias devem buscar a radiação solar, as quente-secas tendem a evitá-la; porém, as tramas urbanas de

ambas devem ser densas, visando à proteção de um ou mais elementos do clima (frio, calor, Sol, vento). Nas regiões quente-úmidas, o traçado deve ser mais livre e disperso, de forma a promover o movimento do ar e a buscar a sombra das árvores. Nas zonas temperadas e nas subtropicais, a distribuição das habitações deve ser aberta, permitindo a exposição das edificações à radiação solar no inverno e promovendo a sua integração com a natureza. Portanto, o traçado urbano deve ser mais livre.

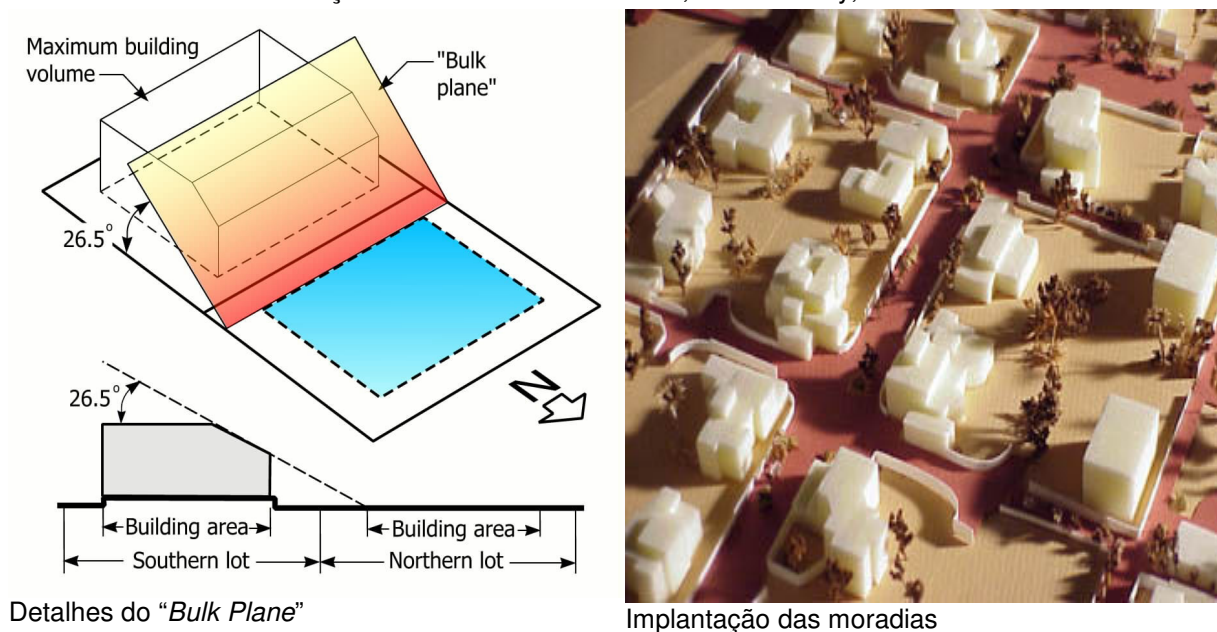
Uma versão contemporânea de urbanismo apropriado ao clima, neste caso, de uma região deserta e montanhosa, é a Vizinhança Solar no Deserto Neve-Zin, no Zin Valley, em Israel (BIDR, 2005). O projeto, desenhado pelo Centro de Arquitetura do Jacob Blaustein Institute for Desert Research – Ben Gurion University of the Negev, consiste em um conjunto de construções, que considera as condições climáticas não somente em relação à construção individual, mas ao seu contexto urbano, na relação entre uma construção com a outra e do espaço criado entre elas.

Alguns dos princípios bioclimáticos adotados no projeto foram: a garantia do acesso total ao Sol do inverno para cada lote, visando à utilização do aquecimento solar passivo; a proteção das calçadas para pedestres em relação à trajetória do Sol, ao vento e à poeira do deserto; a priorização dos espaços de preservação da água e dos jardins públicos, enquanto jardins privados foram dimensionados especialmente para as preferências dos moradores.

O direito ao Sol é garantido por meio da limitação das dimensões de cada construção em relação ao Sol de inverno, de maneira a restringir as sombras no lote adjacente. Esta estratégia bioclimática denomina-se prisma de Sol. O imaginário *bulk plane* (plano de volume) é projetado sobre o ângulo prescrito em relação à orientação solar (Sol de inverno), definindo os limites volumétricos da construção e assegurando acesso solar para cada casa nos dias de inverno (Fig. 2.20).

As vias de veículos são orientadas na direção Leste-Oeste, com a largura apenas suficiente para separar os vizinhos dos lotes Norte e Sul, de forma a garantir os direitos solares. Os caminhos de pedestres, orientados N-S e com somente 2,5 m de largura, são sombreados durante as horas da manhã e da tarde num dia de verão, por meio das paredes. Assim, por atender às considerações climáticas, o design de Neve-Zin se distingue por uma linguagem comum de design na qual se especificam a configuração das construções, a geometria das aberturas, os materiais de acabamento, promovendo a formação de uma vizinhança coesa.

FIGURA 2.20 – Vizinhança Solar no Deserto Neve-Zin, no Zin Valley, em Israel



Fonte: site do BIDR (<http://www.bgu.ac.il/CDAUP>)

### Princípios Bioclimáticos para Curitiba segundo a literatura

Em regiões de clima subtropical nas quais as condições atmosféricas das estações são distintas, o traçado urbano pode ser insuficiente para suprir todas as exigências climáticas da região.

**Quanto à implantação**, as vertentes mais apropriadas são as voltadas para o Norte e o Leste. A localização deve, preferencialmente, ocorrer na área mais quente da vertente, havendo necessidade de proteção do vento.

A ventilação deve ser promovida para causar a sensação de resfriamento nos períodos quentes, bem como para diminuir a umidade do ar, mas deve ser controlada por meio de anteparos na direção do vento no inverno. Neste clima, há necessidade de ganhos de calor no inverno e proteção da radiação no verão, o que pode ser obtido pela orientação e pela geometria das construções e/ou pelo plantio de árvores caducifólias. A absorção de radiação deve ser controlada no espaço urbano, mas a radiação e a luminosidade devem ser permitidas nos edifícios (OLGYAY, 1963).

**A organização espacial**, em regiões de clima subtropical deve ser livre e aberta, com as edificações mesclando-se à natureza e proporcionando a integração entre o interior e exterior das edificações. Os espaços exteriores podem ser usufruídos como extensão dos interiores durante vários meses do ano.

Segundo Romero (2001), **o traçado** não deve ser excessivamente compacto, para que não se impeça a ventilação, principalmente no verão, e a radiação solar no

inverno. A forma ideal seria a criação do efeito pátio para permitir a devolução à atmosfera do ar já aquecido pela cidade. As massas de água atuam como elementos de controle da temperatura, embora elevem a umidade do ar. As superfícies dos materiais também deveriam promover o equilíbrio térmico: se o solo possuir um baixo albedo, isto é, se for úmido e escuro. Além disso, a utilização de materiais naturais mais secos e porosos, de elevada condutibilidade proporcionará condições climáticas mais amenas.

Para Romero (2001), **as ruas** devem ser arborizadas e orientadas de forma a possibilitar uma face sombreada. As árvores de folhas caducas favorecem o sombreamento, as brisas e a redução da reflexão solar no verão e permitem a radiação solar no inverno. As ruas devem ter largura mediana e o tecido deve ser menos compacto do que o recomendado para as regiões quente-secas, para promover a perda de calor das edificações no verão.

Assim, no caso de Curitiba, a orientação e as características das vias devem permitir os ventos dominantes no verão, quadrante Sudeste-Leste-Nordeste, conforme Goulart et al. (1998), porém evitá-los no inverno: quadrante Nordeste-Norte-Noroeste, de acordo com Danni-Oliveira (2000), por meio da vegetação. Deve ser evitada a orientação das ruas no sentido do vento dominante: Nordeste, segundo Danni-Oliveira (2000), principalmente com construções uniformes e alinhadas, pois proporcionam o efeito de canalização do vento, aumentando sua velocidade e não penetrando nas edificações, causando desconforto<sup>18</sup>.

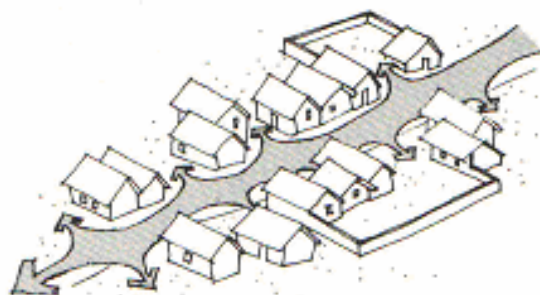
O efeito de canalização ocorre em corredores de paredes pouco porosas e quando a rua tem uma largura igual ou inferior à altura das edificações (cânion urbano). Nas ruas de eixo Noroeste-Sudeste, que de modo geral, são perpendiculares à direção dos ventos predominantes ao longo do ano, há necessidade de aumentar a largura da rua e a porosidade das edificações para permitir a ventilação das edificações a sotavento. A geometria e a distribuição dos espaços devem proporcionar a ventilação cruzada nas edificações, uma vez que, em Curitiba, a umidade é alta.

As dimensões e a forma dos **lotes** neste tipo de clima permitem a liberdade de soluções, desde que se propicie uma ventilação e uma radiação solar adequadas. Para que isso ocorra, o alinhamento das edificações deve possuir reentrâncias e saliências, como ilustra a Figuras 2.21 e 2.22 (ROMERO, 2001).

---

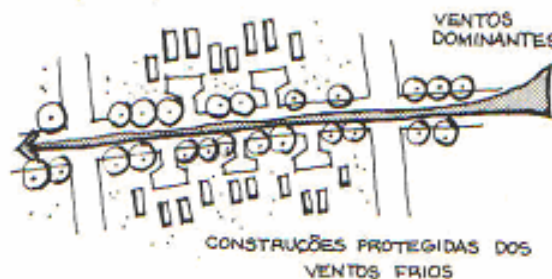
<sup>18</sup> A orientação dos ventos mencionada se refere a dados gerais, obtidos em Estações Meteorológicas coletados a 10 metros de altura. Há que se considerar as alterações da trajetória do vento ao no nível da superfície do solo, causada por diversos fatores (topografia do sítio, *topografia edificada*, vegetação etc), e, portanto, deve-se averiguar a direção dos ventos *in situ*.

FIGURA 2.21 – Aproveitamento do vento em climas amenos



Fonte: Romero, 2001

FIGURA 2.22 – Construções protegidas dos ventos frios



Fonte: Romero, 2001

Os **espaços públicos** devem ser bem arborizados para promover sombra, mas relativamente abertos. Devem predominar as áreas gramadas em relação às superfícies pavimentadas, para favorecer a absorção de radiação solar e a redução de sua reflexão. Esta última, associada à alta luminosidade, pode causar desconforto visual. As ruas devem ser orientadas de forma a evitar os ventos do inverno e a favorecer as brisas de verão (OLGYAY, 1963; ROMERO, 2001).

Grupos de árvores de folhas permanentes podem ser implantados de forma a constituir barreiras de proteção aos ventos frios de inverno, quando localizados na direção de procedência destes ventos. Mas essa disposição não deve bloquear as brisas de verão. Árvores de folhas caducas devem ser utilizadas para proporcionar sombra nas fachadas Leste e Oeste das residências, bem como nas calçadas das ruas (OLGYAY, 1963).

Em relação à **orientação solar**, há maior liberdade de soluções do que em outros tipos de clima, embora estas devam proporcionar condições de conforto tanto nas épocas frias do ano, como nas quentes. As necessidades de insolação e sombra devem ser estudadas cuidadosamente em qualquer situação topográfica. A melhor orientação, será a de maior insolação no período de inverno, devendo-se evitar a orientação de maior insolação no verão. Considerando-se a orientação preferencial nas edificações, o desenho urbano será influenciado nos sentidos dos eixos e nas larguras das ruas, no espaçamento entre os edifícios, no planejamento da vegetação urbana e em toda a organização espacial urbana.

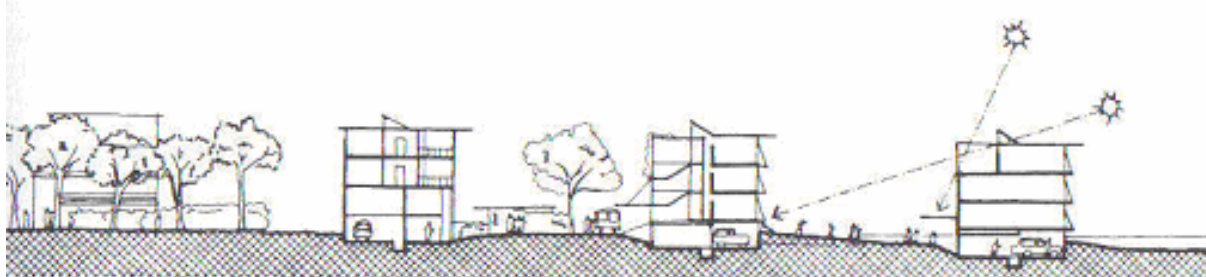
No caso de Curitiba, situada em clima subtropical no Hemisfério Sul, a orientação mais apropriada é a Norte, que possui as condições de radiação solar diárias mais equilibradas. Os freqüentes nevoeiros nas manhãs de inverno reduzem a insolação da fachada Leste em quase todo o período de frio, deixando os quartos, nesta fachada, com baixas temperaturas à noite, quando serão utilizados. As janelas



na fachada Oeste também devem ser evitadas pelo excessivo aquecimento no verão, que pode transformar os ambientes internos em verdadeiras estufas (BONGESTABS, 1983). A latitude de Curitiba ( $25^{\circ}25'Sul$ ) indica a orientação Norte, pois o Sol, mais inclinado no inverno (no solstício de inverno, às 12 horas,  $\alpha=41^{\circ}09'$ ), penetrará as aberturas da edificação e permitirá a insolação das paredes externas durante grande parte do dia; no verão, o Sol mais a pino (no solstício de verão, às 12 horas,  $\alpha=88^{\circ}02'$ ), poderá ser facilmente evitado até mesmo por um pequeno beiral.

Na Figura 2.23, observa-se a insolação adequada, considerando-se os ângulos de Sol nos solstícios de inverno e verão, na organização espacial de um bairro residencial em região temperada. Esta disposição é apropriada também a regiões subtropicais, desde que observada a orientação solar.

FIGURA 2.23 – Cidade Solar Pilching, em Linz, na Áustria, projeto Norman Foster e Partners



Fonte: Brown e Dekay, 2004

Em muito se poderia aprofundar o tema do desenho urbano e sua interação com o clima urbano, sobre o qual há extensa bibliografia disponível<sup>19</sup>. De fato, o conhecimento dos critérios de adequação da configuração urbana é relevante como um dos fatores determinantes das condições climáticas no interior da cidade, particularmente nas escalas do topo e do microclima e compõe o lastro necessário para fundamentar as propostas de intervenção. Porém, o tema foi abordado de forma introdutória, visando apenas subsidiar a análise das condições do clima e de conforto térmico da população nas paisagens intra-urbanas monitoradas.

No próximo Capítulo procede-se à análise detalhada sob aspectos Espaciais e Temporais, que fundamentarão o estudo das condições de conforto térmico e sua relação com as condições e qualidade de vida no AU-RMC.

<sup>19</sup> Oliveira (1988); Oke (1988); Givoni (1997); Santana (1997); Eliasson (2000); Xie et al. (2005) e Suga e Krüger (2005), dentre outros.

### **3 ESPAÇO E TEMPO NO AU-RMC: ASPECTOS DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO EM SITUAÇÃO DE INVERNO**

O presente Capítulo visa caracterizar a realidade urbana em relação às variáveis socioambientais que formam as condições de conforto térmico no Aglomerado Urbano da RMC. Para compreender esta composição de fatores que interagem entre si e simultaneamente no espaço e no tempo formando determinadas situações de conforto, segue-se em linhas gerais, conforme mencionado, a metodologia de Mendonça (1995), que propõe a Análise Espacial e a Análise Temporal<sup>1</sup> como partes indispensáveis do estudo do clima urbano. Estas, embora elaboradas simultaneamente, são descritas a seguir de forma seqüencial.

A Análise Espacial é elaborada a partir de uma documentação cartográfica detalhada e sua síntese, resultando em uma caracterização do ambiente que integra o sítio, a estrutura, a configuração e a funcionalidade urbanas. A descrição microclimática específica da área de estudo possibilita uma avaliação mais completa e precisa das características locais e, assim, subsidia a tomada de decisões para a melhoria das condições ambientais.

No presente trabalho, incluiu-se na cartografia básica a elaboração de cartas relativas às condições e à qualidade de vida dos moradores, como elementos importantes na análise do fato urbano para o estudo do conforto térmico. Desta forma, a Análise Espacial foi elaborada a partir dos elementos naturais do sítio e do fato urbano, considerando-se o uso do solo e as condições e a qualidade de vida.

O mapeamento foi elaborado com a utilização dos programas ARCGIS<sup>2</sup> e ENVI<sup>3</sup>, com base nos dados dos diversos documentos enumerados a seguir. As cartas foram posteriormente averiguadas e complementadas pelo controle de campo. A verificação em campo foi uma etapa necessária, sobretudo em relação ao mapeamento do uso do solo realizado por meio de imagens de satélites, para evitar possíveis erros de interpretação devidos ao grau de resolução das imagens de satélite.

---

<sup>1</sup> Conforme mencionado, embora o conforto térmico resulte de uma interação contínua entre o clima e o espaço construído e esta interação possa ser analisada em sua evolução histórica, optou-se, para viabilizar este trabalho, por abordar a Análise Temporal sob a perspectiva do clima-tempo.

<sup>2</sup> Utilizado na elaboração do mapeamento temático para a observação dos elementos fundamentais na formação do clima urbano e do conforto térmico do Aglomerado Urbano da RMC.

<sup>3</sup> Utilizado na elaboração da carta de uso do solo do Aglomerado Urbano da RMC, a partir de imagens de satélite.

O controle de campo ocorreu no momento da visita aos locais com a finalidade de selecionar os pontos de monitoramento, por meio da observação da paisagem e sua comparação com as cartas elaboradas, com a utilização de instrumentos de medição e registro fotográfico. Os documentos que subsidiaram o mapeamento foram:

- a) COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. *Cartas Topográficas do Estado Paraná*. (D IV-1; D IV-2; D I-3; D I-4) 1970. Escala 1:50.000. Meio digital (COMEC, 1970);
- b) COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. *Cartas Raster do Estado Paraná*. Escala 1:50.000. Meio digital (COMEC, 1976);
- c) COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. *Carta do Arruamento dos Municípios dos NUC*. 2000. Escala 1:50.000. Meio impresso (COMEC, 2000);
- d) COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. *Carta das Áreas Urbanas e Urbanizadas dos municípios do NUC*. 2002. Escala 1:200.000. Meio digital (COMEC, 2002b);
- e) COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. *Carta de Zoneamento Uso do Solo dos Municípios do NUC*. 2003. Escala 1:10.000 e 1:2.000. Meio digital (COMEC, 2003a);
- f) COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. *Carta do Zoneamento Uso do Solo dos Municípios dos NUC*. 2003. (base cartográfica 1976-85-00). Escala 1:75.000. Meio impresso (COMEC, 2003b);
- g) COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. *Carta das Bacias Hidrográficas da RMC*. 2003. (base cartográfica 1976-85-00). Escala 1:100.000. Meio impresso (COMEC, 2003c);
- h) IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cartas Topográficas do Estado Paraná*. 1970. Escala 1:25.000. Meio digital (IBGE, 1970);
- i) IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. *Carta da Taxa de Pobreza – Região Metropolitana de Curitiba*. Meio digital. (IPARDES, 2000a);
- j) IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. *Carta de Adequação Geral dos Domicílios Urbanos – Região Metropolitana de Curitiba*. Meio digital. (IPARDES, 2000b);



- k) LANDSAT-7 ETM+, 220-078 – Imagens multiespectrais do satélite, 27 set. 2002, todas as bandas. Meio digital;
- l) MINEROPAR – Minerais do Paraná S/A. *Plano Diretor de Mineração – PDM-RMC*. Escala 1:50.000. Meio digital (MINEROPAR, 2004); e,
- m) SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. *RMC – Paraná: levantamento aerofotogramétrico*. Escala 1:30.000. Meio digital (SUDERHSA, 2000).

A seguir são apresentadas as cartas elaboradas para a Análise Espacial do AU-RMC iniciando-se pelo sítio (Subsistema Natureza) que precede o fato urbano (Sistema Sociedade), mas que também interage continuamente com o mesmo.

### 3.1 SUBSISTEMA NATUREZA – O Sítio Urbano

A geomorfologia do relevo e as variações altimétricas do sítio constituem elementos de influência direta na formação do clima e, portanto, sua representação gráfica é de grande relevância para a compreensão do clima urbano e do conforto térmico.

A influência da altitude sobre o clima local é analisada detalhadamente por Geiger (1990, p. 443-454). Em encostas de grandes dimensões, a variabilidade do gradiente da temperatura e de umidade relativa do ar, bem como sua distribuição no espaço, ocorre de formas distintas conforme o relevo (cume, vale ou encosta), a altitude e a orientação das vertentes. Estes elementos devem ser considerados em seu conjunto e associados à dinâmica do tempo no estudo da formação dos microclimas, cuja complexidade se deve à forma como ocorrem a circulação do ar e a radiação solar em relevos e altitudes distintas, com efeitos que diferem para a situação diurna e a noturna e conforme a ocorrência dos diferentes tipos de tempo.

Para subsidiar o estudo, foram elaboradas duas cartas de Hipsometria (Fig. 3.1 e 3.2): a primeira visa contextualizar a mancha urbana na compartimentação topo-geomorfológica regional e assim, auxiliar a análise da dinâmica atmosférica na identificação de seus principais mecanismos formadores do clima urbano nesta grandeza escalar; a segunda se refere ao sítio e sua relação ao clima do AU-RMC e seus arredores.

### 3.1.1 Hipsometria e Geomorfologia

De acordo com Ab'Sáber (2003, p. 19), entre os seis complexos paisagísticos e macroecológicos brasileiros atualmente reconhecidos<sup>4</sup>, o Paraná se situa no domínio dos Planaltos de Araucárias – uma área de cerca de 400 mil quilômetros quadrados, “sujeita a climas subtropicais úmidos de planaltos com invernos relativamente brandos”. Em termos gerais, este domínio coincide com o setor do Planalto Meridional Brasileiro, de origem basáltica, que se estende desde o Sul de São Paulo e Norte do Paraná ao Rio Grande do Sul.

Com uma paisagem de planaltos de altitudes médias (800 a 1300 m), cobertos por bosques de araucárias e eventuais campos de altitude, esse domínio se distingue principalmente por suas características pedológicas e climáticas. É esta uma das áreas em que se processa o envelhecimento das massas de ar Polar Atlânticas, causando a redução dos índices térmicos de toda a região sul-brasileira.

O território do Estado do Paraná é bastante complexo do ponto de vista geomorfológico estrutural, fato que se evidencia no esquema dos três planaltos com altitudes decrescentes em direção ao interior (Fig. 3.1).

Após a estreita planície costeira, ergue-se a Serra do Mar com suas escarpas irregulares e florestadas, as quais atingem até 1920 metros de altitude no Pico do Paraná e 1547 metros no Pico Marumbi. O relevo da Serra do Mar é um agente intensificador da instabilidade das correntes de E-NE freqüentes na região no período de inverno e nas passagens da Frente Polar Atlântica (DANNI-OLIVEIRA, 2000, p. 118).

No reverso continental da Serra do Mar,

atinge-se o Primeiro Planalto paranaense, onde se aloja a Bacia de Curitiba e seu sistema de colinas, hoje totalmente ocupado pela própria capital. Segue-se a escarpada da Serrinha, onde os resistentes arenitos da Formação de Ponta Grossa compõem uma escarpa em arco duplo: paredões elevados em forma de abóbada fragmentada por fendas tectônicas, altas escarpas alinhadas, com larga concavidade, voltadas para Leste (AB'SÁBER, 2003, p. 104-105).

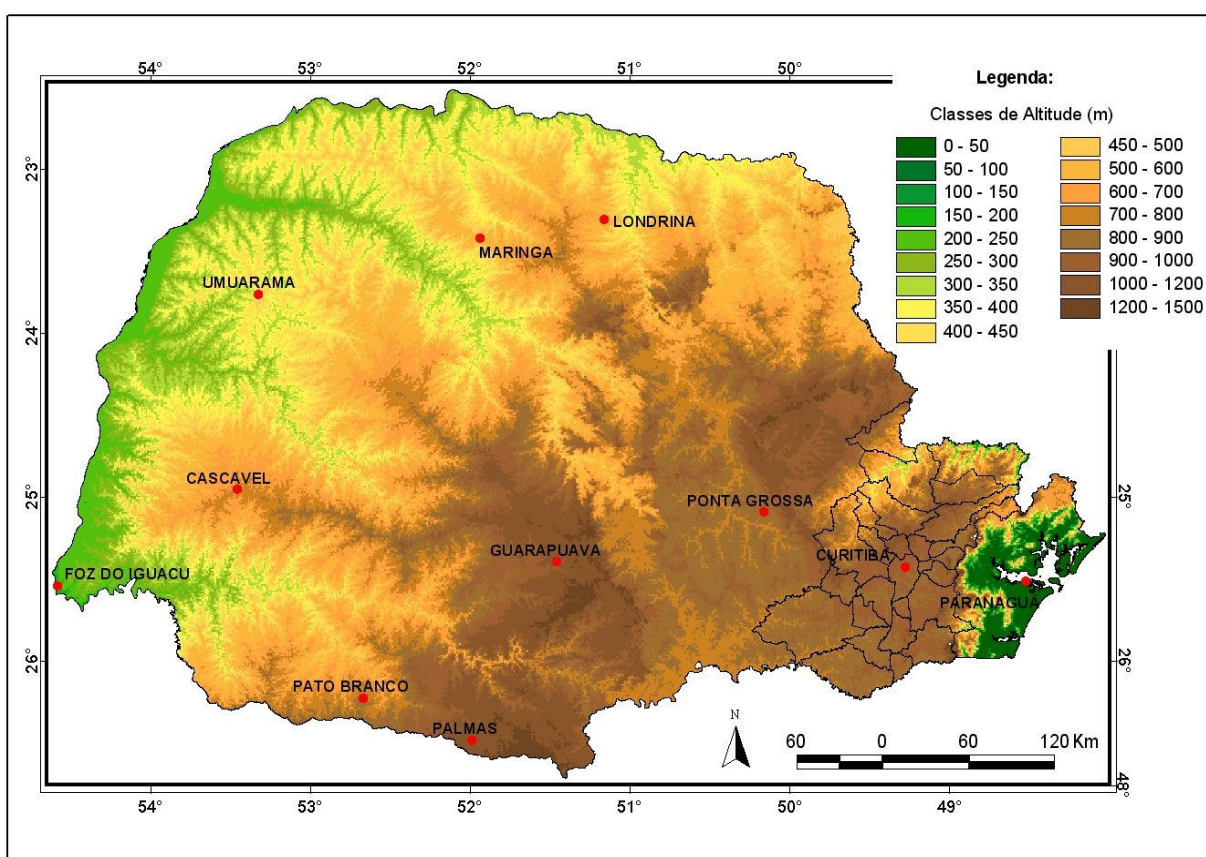
---

<sup>4</sup> O domínio morfoclimático e fitogeográfico é definido por Ab'Sáber (2003, p. 11) como uma área extensa e contínua “de feições paisagísticas e ecológicas *integradas*”, que se caracteriza como “um complexo relativamente homogêneo e extensivo”, ou seja, “um conjunto espacial de certa ordem de grandeza territorial [...] onde haja um esquema coerente de feições de relevo, tipos de solos, formas de vegetação e condições climático-hidrológicas”.

Configura-se então, o Segundo Planalto Regional, caracterizado por chapadões ondulados, onde se formam “mosaicos de campos de cimeira e pequenos bosques de araucárias”; e o Terceiro Planalto se inicia no reverso da Serra Geral, composto por uma escarpa arenítico-basáltica: “a região é marcada por chapadões maciços e vales que se irradiam para o Norte, o Oeste e o Sul” (AB’ SÁBER, 2003, p. 105-106).

De acordo com Danni-Oliveira (2000, p. 118), tais “feições morfo-estruturais do interior paranaense favorecem a penetração das ondas de W-NW que são canalizadas para a região por meio da planície Platina, bem como o desenvolvimento da FPa”.

FIGURA 3.1 – Estado do Paraná: Hipsometria

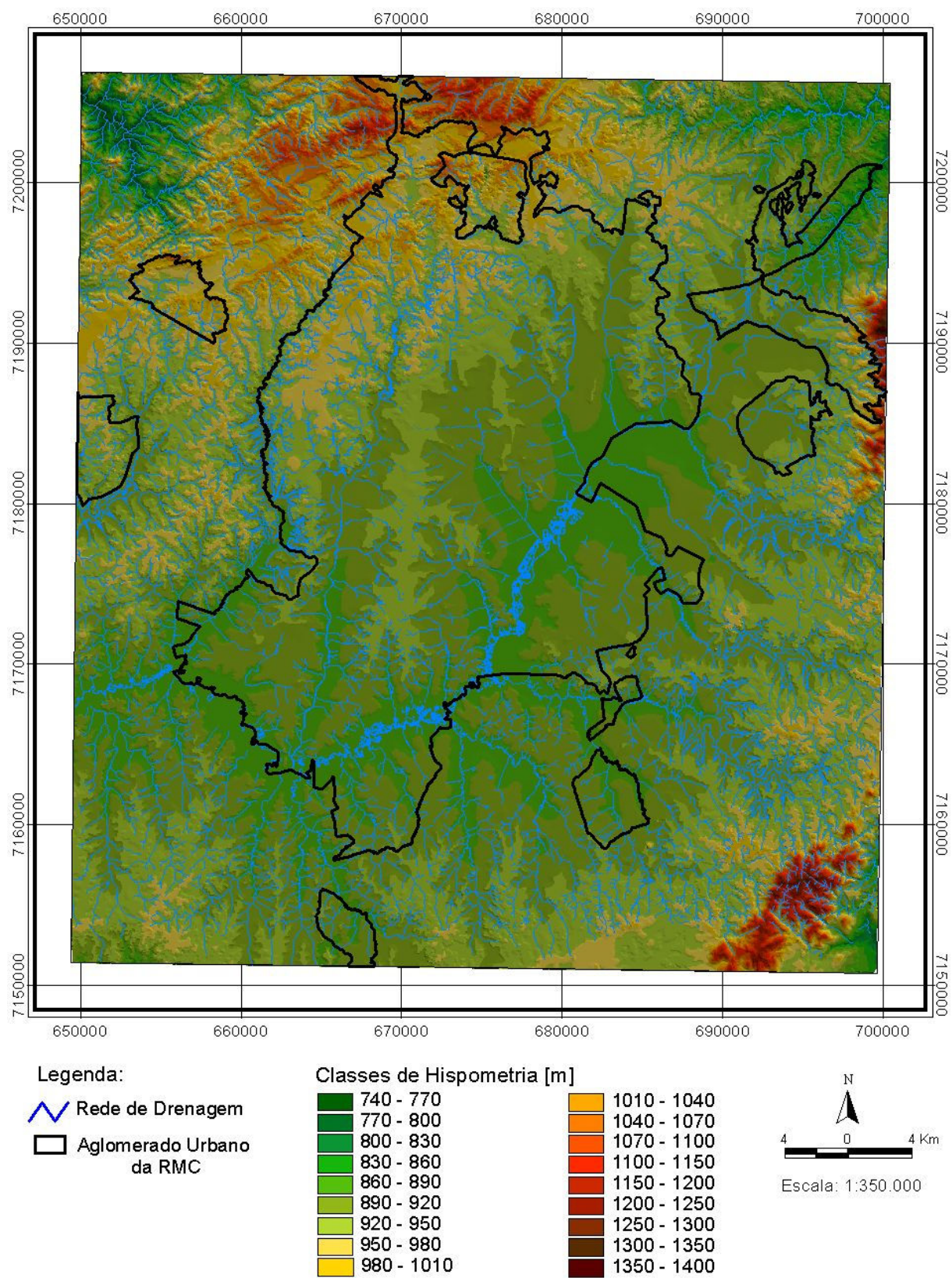


Fonte: SRTM-NASA. Elaboração: Lohmann, 2007

A segunda carta de Hipsometria (Fig. 3.2) foi elaborada na escala do sítio urbano, de forma a permitir uma análise detalhada da interação entre a altitude e o clima, pois “quanto maior for a movimentação e a variação altimétrica do relevo de um determinado sítio urbano maiores variações em termos de temperatura e umidade, dentre outros, o clima local, urbano e intra-urbano apresentará” (MENDONÇA, 1995, p. 31).



FIGURA 3.2 – AU-RMC: Hipsometria



Fonte: MINEROPAR, 2004. Concepção: Dumke, 2007; elaboração: Lohmann, 2007

A carta de Hipsometria (Fig. 3.2) foi elaborada com intervalos de curvas de nível de 30 metros, na gama de cores convencionalmente utilizada para este tipo de representação: em sobretons que variam do verde escuro para as menores altitudes, passando pelo amarelo, vermelho até o marrom, para as maiores altitudes.

A carta de Hipsometria do sítio urbano apresenta uma altitude variável entre 740 e 1400 metros acima do nível do mar. Na área efetivamente urbanizada, a variação de altitude é de 830 a 1100 metros, embora o adensamento tenha ocorrido principalmente em terreno mais plano e de menores altitudes (860 a 950 metros), na várzea da Bacia do Alto Iguaçu. Ao Norte-Nordeste, a área urbana se estende sobre um relevo mais variado e de maiores altitudes.

Observa-se nesta carta, a configuração geral do relevo do sítio urbano do AU-RMC e seus arredores, uma orientação predominante NE-SW, também observadas em escala mais ampla por Danni-Oliveira (2000), em função do corredor de terrenos rebaixados formados pela Serra do Mar e pela Serra de Maracanã, favorecendo a canalização dos ventos. Os ventos superficiais são analisados em maior detalhe no Item 3.1.4.

A carta de Hipsometria é considerada como relevante no estudo do clima, sobretudo por sua associação ao gradiente térmico vertical, definido por Danni-Oliveira (1999, p. 230), como "a razão do decréscimo da temperatura do ar com o aumento da altitude, e que corresponde, na troposfera, a uma redução de 0,6°C de temperatura para cada 100 metros de altura".

### **3.1.2 Declividades e Vertentes do Relevo – Carta Clinográfica**

Enquanto a altitude e a morfologia do relevo têm forte influência na formação do clima nas escalas do Local, do Meso e do Topoclima, apresentando dinâmicas atmosféricas distintas para a situação diurna e noturna, a inclinação e a orientação das vertentes criará uma diversidade de Microclimas em um território, os quais, sofrerão variações ao longo do dia e do ano. O papel das declividades associadas às orientações das vertentes na formação dos microclimas tem sua relevância comprovada pela intensa utilização do seu conhecimento em áreas como agricultura, arquitetura e urbanismo.

A associação entre a latitude local, a inclinação de vertentes do relevo e sua orientação solar determinam diferentes *Microclimas*, conforme a exposição de suas encostas ao vento predominante e à radiação solar. Por sua vez, a quantidade de energia calorífica (que varia conforme a altura do Sol) e de energia luminosa disponível (que varia conforme a insolação) dependerá da trajetória diária e anual do Sol.

Assim, o valor da radiação solar direta recebida por uma superfície pode ser determinado por meio de cinco fatores: latitude, declinação do Sol (época do ano), a altura do Sol (hora do dia), a inclinação da encosta e sua orientação (GEIGER, 1990, p. 382).

Para a elaboração da carta clinográfica do Aglomerado Urbano da RMC, foram estabelecidas as classes de declividade de terreno, conforme De Biasi (1992):

- <5% - limite urbano-industrial, utilizados internacionalmente;
- 5-10% - limite máximo do emprego da mecanização na agricultura;
- 10-30% - limite máximo para a urbanização sem restrições;
- 30-45% - faixa de declividades na qual a urbanização requer exigências específicas, conforme a Lei Federal nº 6766/79 (Lei Lehmann);
- 47% limite máximo de corte raso, a partir do qual a exploração será permitida somente se sustentada por cobertura de florestas, conforme o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4771, 1965).

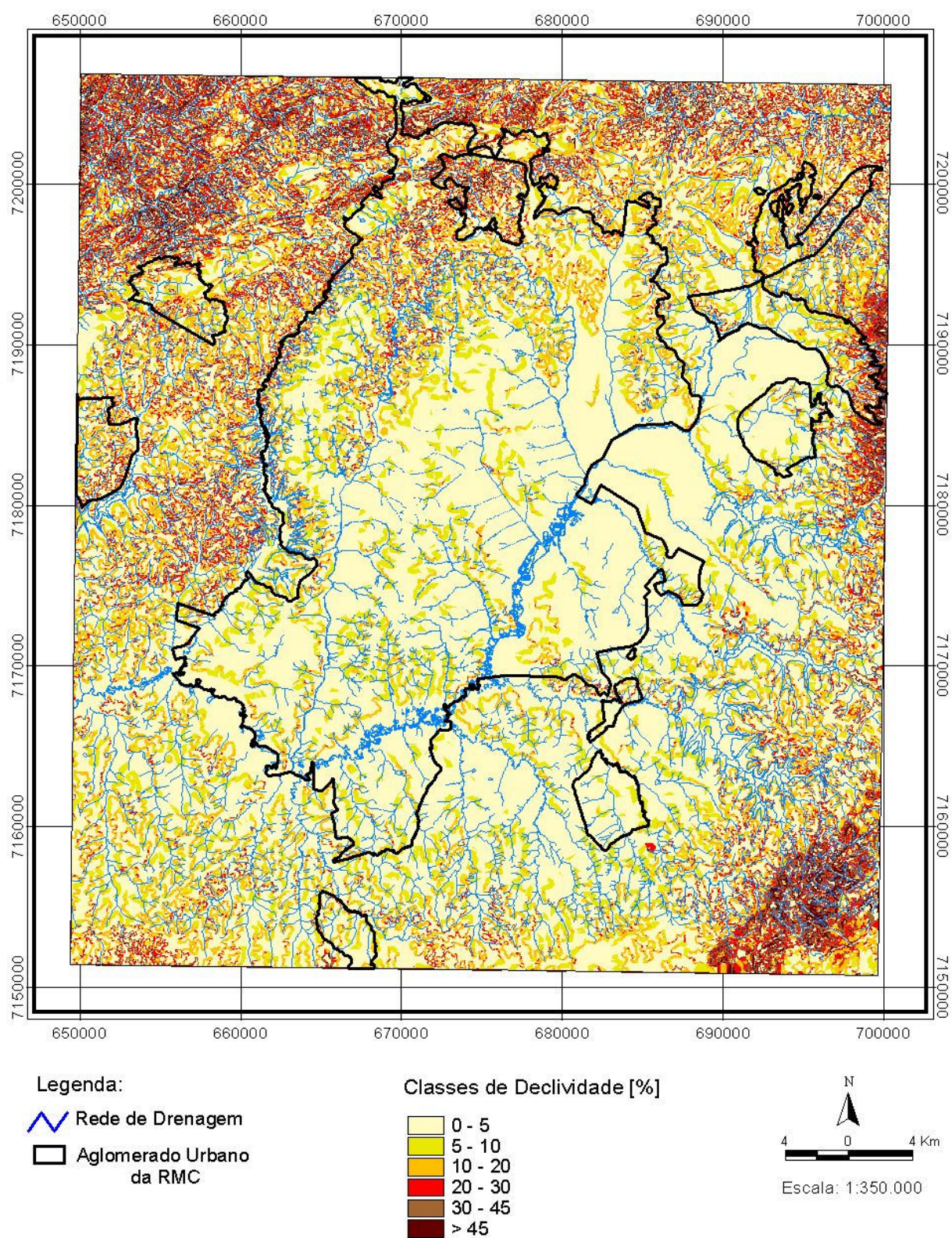
Para um maior detalhamento, foi introduzido um limite secundário, de 20%.

A partir da base topográfica e do estabelecimento das classes de declividades e sua representação pelas cores convencionais, construiu-se a carta clinográfica, que deve ser utilizada em correlação com outros tipos de fenômenos geográficos diretamente ligados à topografia local (DE BIASI, 1970).

A Figura 3.3 apresenta o gradiente de declividades das vertentes do sítio do Aglomerado Urbano da RMC: a mancha urbana se desenvolveu principalmente sobre área de várzea da Bacia do Alto Iguaçu, ou seja, em uma área onde predominam declividades muito baixas [<5%]. Declividades intermediárias [até 20%] são encontradas nos municípios de Araucária e Fazenda Rio Grande e em alguns locais dispersos pelo Aglomerado Urbano. Mais ao Norte e Nordeste do município de Curitiba e acentuadamente nos municípios de Almirante Tamandaré e Colombo, se encontram áreas urbanizadas sobre altas declividades [até 30% ou > 30%], às quais correspondem áreas de maior altitude.



FIGURA 3.3 – AU-RMC: Declividades das Vertentes do Relevo - Carta Clinográfica



Fonte: MINEROPAR, 2004. Concepção: Dumke, 2007; elaboração: Lohmann, 2007

### 3.1.3 Orientação das Vertentes do Relevo

A quantidade de radiação solar direta recebida por uma vertente depende diretamente de sua orientação e inclinação, influenciando fortemente a temperatura da superfície, como a temperatura e umidade do ar, fato que demonstra a relevância da Carta de Orientação de Vertentes do Relevo nos estudos do Topoclima e do Microclima.

Em países de latitudes mais altas, onde as variações de insolação assumem maior importância, a exposição de vertentes, suas declividades e a direção e a velocidade dos ventos influenciam diretamente no modo de vida das pessoas e nas características urbanas. A associação da inclinação das vertentes do relevo à sua orientação solar, para a compreensão dos Microclimas é bem ilustrada pelo exemplo de Geiger (1990, p. 382):

uma superfície voltada para o Sul<sup>5</sup>, e com uma inclinação de 20°, mesmo tendo em conta a forte nebulosidade da Alemanha, recebe durante o mês de janeiro aproximadamente o dobro da radiação solar direta em comparação com a superfície horizontal. Esta encosta sul encontra-se, portanto, relativamente à radiação, como se estivesse correspondentemente avançada no sentido do Equador.

Nas regiões subtropicais do Brasil, onde se localiza a área de estudo, estes elementos exercem considerável influência sobre as condições de conforto térmico, particularmente se considerarmos o período de inverno em Curitiba, devido às suas particularidades climáticas. Nesta cidade, situada numa latitude de 25°31' Sul (e uma altitude média de 934 metros), pode-se verificar uma importante variação de radiação solar direta entre duas vertentes de mesma declividade, voltadas uma para Norte, outra para Sul.

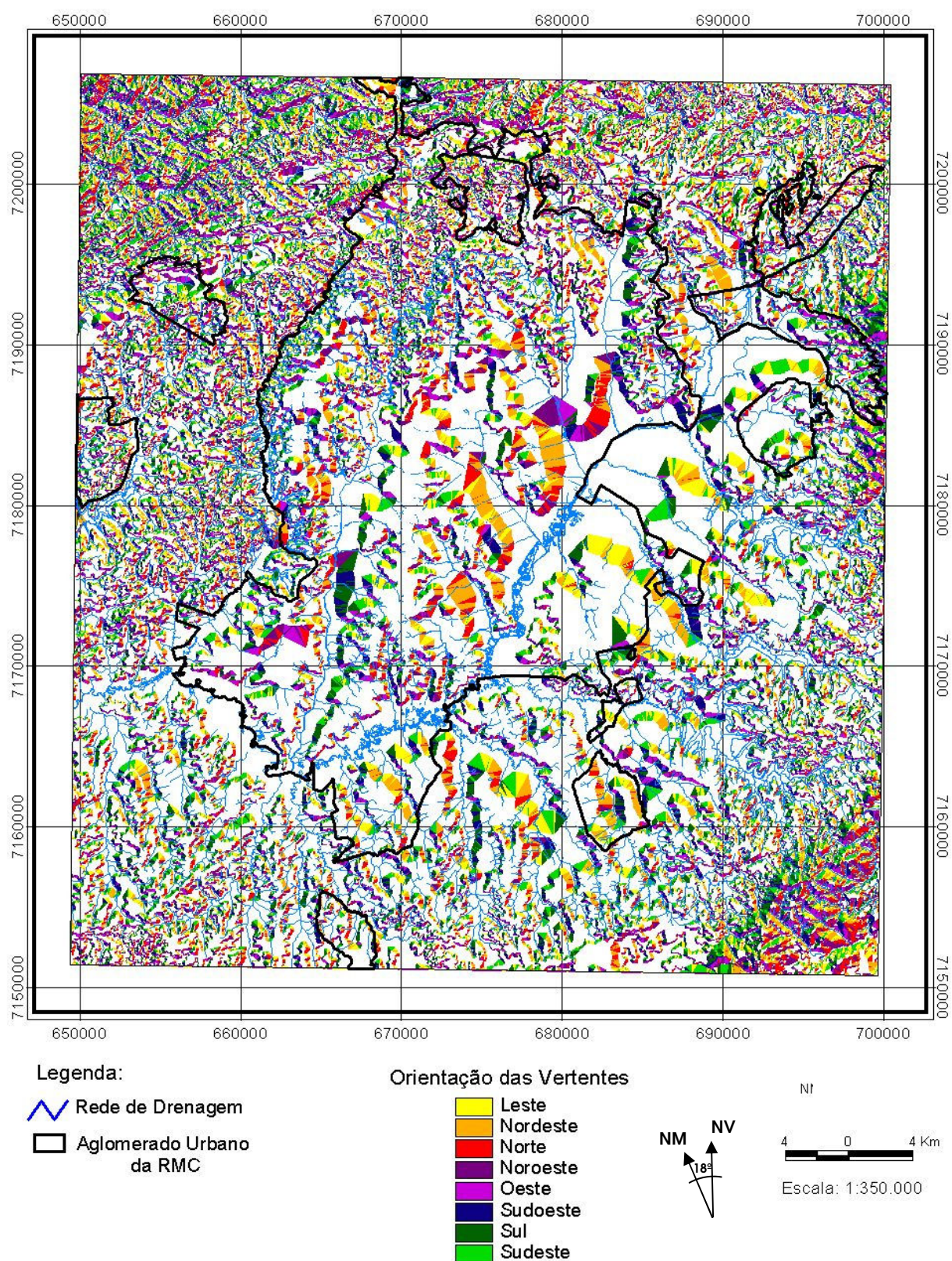
A diferença de insolação será maior quanto mais a inclinação da superfície se aproximar à perpendicular aos raios do Sol. Neste caso, a vertente Norte será ensolarada durante grande parte do dia, ao contrário da orientação Sul, principalmente no inverno.

---

<sup>5</sup> Devido à sua localização no Hemisfério Norte, a face mais ensolarada na Alemanha é a face Sul; esta situação se inverte no Hemisfério Sul.



FIGURA 3.4 – AU-RMC: Orientação das Vertentes do Relevo



Fonte: MINEROPAR, 2004. Concepção: Dumke, 2007; elaboração: Lohmann, 2007

Em período de menor duração que a orientação Norte, as orientações Leste e Oeste receberão a mesma quantidade diária de radiação solar direta entre si, mas em períodos opostos (manhã e tarde). Porém, a temperatura do ar não será a mesma devido ao acúmulo de energia calorífera no decorrer do dia, entre outros fatores.

A Carta de Orientação de Vertentes do Relevo (Fig. 3.4) para o estudo do clima do Aglomerado Urbano da RMC foi elaborada conforme De Biasi (apud MENDONÇA, 1995), com a representação de oito faces de vertentes. Para melhor visualização, foi estabelecida uma escala de cores quentes para as encostas ensolaradas e de cores frias para as que recebem menor insolação. As orientações intermediárias receberam cores intermediárias.

A carta evidencia uma predominância de vertentes Leste e Nordeste na parte mais adensada da mancha urbana, que se estende sobre áreas mais planas e de menores altitudes. Ao Norte, com maiores altitudes e onde a topografia do terreno é mais variada, há uma predominância de vertentes Norte e Sul.

Estas orientações também predominam nas vertentes próximas ao Rio Barigüí, principalmente ao Sul-Sudoeste do município pólo. Nas outras áreas do Aglomerado Urbano, em função da movimentação do relevo, há uma variedade de orientações de vertentes, não sendo possível determinar-se a predominância de uma delas.

Baseada em resultados de pesquisas microclimáticas realizadas no Planalto Central Russo, Cunha (1988) desenvolveu técnicas de representação cartográfica de variáveis aplicadas à análise do meio ambiente. Entre as interessantes propostas da autora, encontra-se a carta que sintetiza a Direção e da Velocidade dos Ventos de Superfície elaborada a partir da morfologia do relevo e descrita a seguir.

#### **3.1.4 Direção e Velocidade dos Ventos de Superfície**

Para Mendonça (1995, p. 37), a forte influência dos ventos torna fundamental a compreensão da dinâmica da movimentação do ar nas escalas Regional e Local para o conhecimento do Meso, do Topo, do Microclima e, em particular, do Clima Urbano, quanto aos efeitos de ilha de calor/frescor e na dispersão de poluentes. Ao contrário da forma pontual de representação dos ventos tradicionalmente utilizada, o autor sugere a utilização da representação cartográfica para a Direção e Velocidade

dos Ventos de Superfície proposta por Cunha (1988), que consiste em uma carta setorial para uma área de dimensão regional.

Esse método de representação cartográfica consiste em uma carta corocromática que evidencia a circulação dos ventos locais de acordo com a compartimentação do relevo. As intensidades de velocidade do vento são indicadas a partir da subdivisão das vertentes em três níveis (alta, média e baixa), entre as cotas altimétricas de maior valor (que correspondem ao topo) e de menor valor (relativas ao vale). “A divisão das vertentes é importante, principalmente nos vales estreitos, onde o efeito de turbilhonamento é mais sentido, em especial quando estes vales são responsáveis pelas canalizações de ventos predominantes” (CUNHA, 1988, p. 124).

Em seguida, delimitam-se os topos (que são submetidos a ventos fortes, desde que sem barreiras), os vales (áreas de calmaria) e os divisores de água (que delimitam a ação dos ventos). Delimitados os três níveis das vertentes, os topos e os vales e a partir de sua sobreposição com as cartas Clinográfica e de Orientação de Vertentes, torna-se possível a análise da direção e da velocidade dos ventos em função do vento predominante.

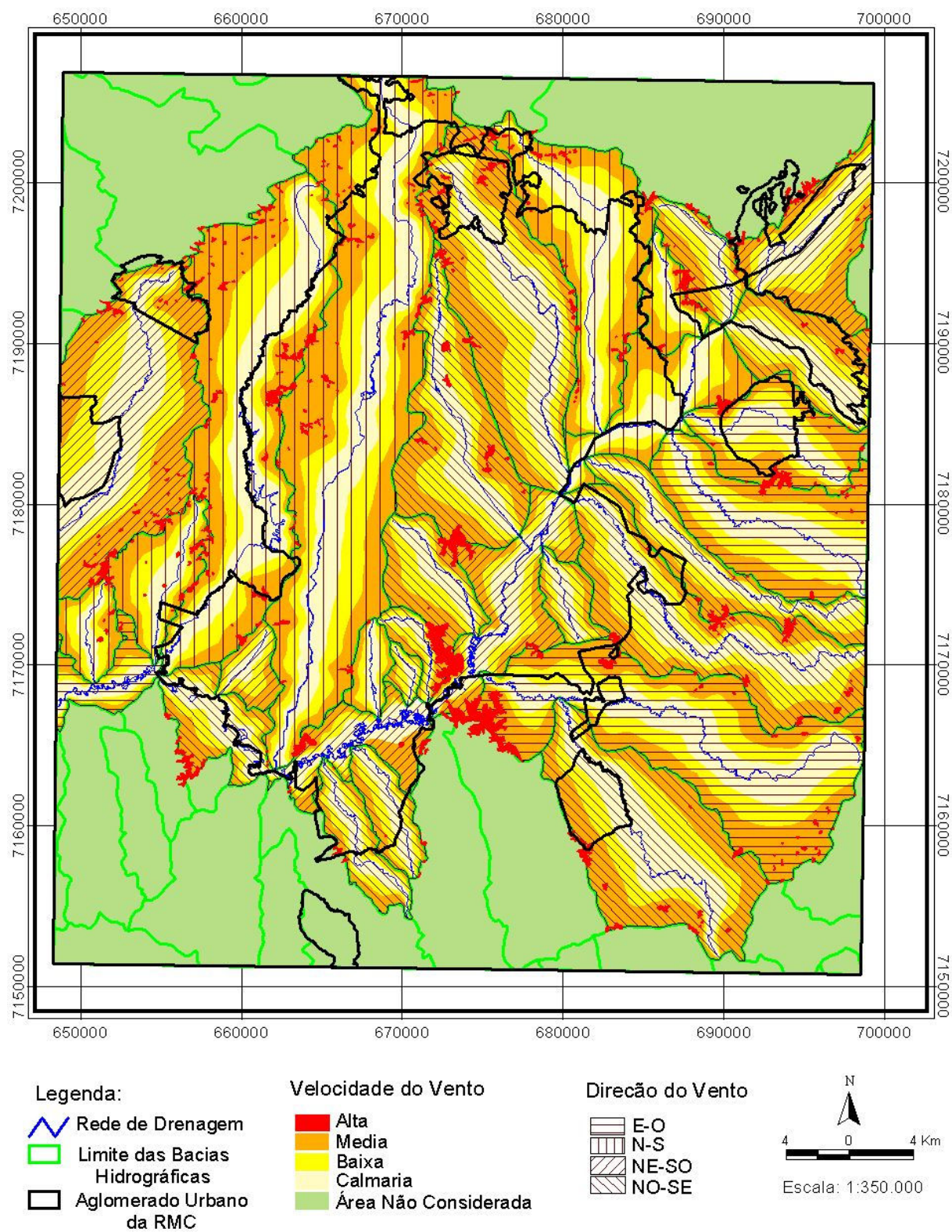
Assim, vertentes voltadas para o vento dominante livre de obstáculos serão submetidas ao impacto frontal de ventos de alta velocidade; vertentes a sotavento estarão sujeitas à calmaria; e vales alongados nos sentidos dos ventos dominantes poderão estar sujeitos a ventos de alta velocidade, dependendo das proporções dos vales. Os diferentes níveis das vertentes devem ser considerados não apenas quanto à topografia, mas também em relação aos movimentos das massas de ar (CUNHA, 1988, p. 128).

A carta permite uma classificação comparativa dos ventos, importante na análise dos pontos de levantamento de dados. Mas, para uma análise microclimática mais apurada, devem ser considerados o conhecimento da dinâmica do movimento das massas de ar e as medições diurnas e noturnas em várias estações do ano.

A carta de Direção e Velocidade dos Ventos de Superfície do sítio do Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba (Fig. 3.5), representa as áreas de atuação dos ventos em diferentes intensidades: alta, média, baixa e calmaria, em oito variações das direções dos ventos, de acordo com os pontos cardeais e colaterais. O conhecimento da dinâmica dos ventos superficiais proporcionados pela carta é relevante nos estudos das condições do clima e do conforto térmico bem como naqueles relativos à qualidade do ar, devido à influência da ventilação na dispersão dos poluentes.



FIGURA 3.5 – AU-RMC: Direção e Velocidade dos Ventos de Superfície



Base Cartográfica: MINEROPAR, 2004. Concepção: Dumke, 2007; elaboração: Lohmann, 2007

### 3.2 SUBSISTEMA SOCIEDADE – O Fato Urbano: o Construto Urbano e as Condições e qualidade de vida

Há uma íntima e contínua conexão entre a compartimentação geomorfológica e a configuração urbana, entre ambiente natural primitivo e ambiente derivado e urbanizado, que resultam numa estrutura peculiar cambiante. O ambiente urbano tem, portanto, um caráter polarizador sobre a região onde se insere e entre suas derivações inclui-se o clima urbano.

o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. [...] Ao dizer-se “urbanização” [...] quer-se chamar a atenção sobre a mobilidade (*espacial e temporal*) do fato urbano. [...] Trata-se de um processo de implantação humana que, progressiva e cumulativamente derivador das condições primitivas do ambiente, atinge proporções significativas tanto pelas alterações como pela massa de edificações que, dotada de um dinamismo peculiar, vai se configurando, alterando e transformando com o tempo (MONTEIRO, 1990b, p. 80-81). [grifo nosso]

#### 3.2.1 O Uso do Solo

A carta de Uso do Solo evidencia o fato urbano, que resulta da ação humana sobre o sítio por meio da urbanização e da interação entre ambos. Segundo o IBGE (1999), que estabelece critérios para a sua elaboração, uma carta de Uso do Solo deve representar a distribuição espacial, a extensão e o limite dos tipos de usos, considerando-se a data do mapeamento. Deve incluir não apenas o solo, mas também outros atributos da biosfera, como a vegetação, o suprimento de água, os resultados da ação humana e a estrutura de produção, para melhor caracterizar as classes de uso definidas. Estas podem ser definidas como unidades simples ou associações de classes, conforme o espaço, a dimensão escalar e o nível de detalhamento necessário.

Imprescindível no estudo do clima urbano, a carta de Uso do Solo deve ser apropriada para subsidiá-lo. Assim, a representação cartográfica deve identificar os

elementos integrantes do espaço urbano que interferem na formação do seu clima. Conforme Mendonça (1995, p. 38),

deverá destacar atributos formadores da cidade e seu entorno tais como: estruturação urbana, disposição vertical (altura de construções) e horizontal (adensamento) das edificações, distribuição das áreas verdes, asfaltamento, superfícies líquidas, fronteira urbano-rural [...] aspectos da funcionalidade urbana e coloração das edificações.

No entanto, devido à grande dimensão da área e aos objetivos propostos, foi produzida uma carta de Uso do Solo em menor nível de detalhamento, considerando-se o processamento de imagens o método mais adequado para esta etapa. A utilização de dados orbitais (imagens de satélite) para a classificação do uso do solo urbano permite boas classificações do espaço urbano, porém há limitações devido à resolução dos sensores. Outra dificuldade de utilização do método se deve à complexidade do ambiente, devido à gama de variações que caracteriza as classes de ocupação. Análises de uso do solo em escala mais detalhada podem ser elaboradas posteriormente como complementação, por meio de foto-interpretação e controle de campo, após a seleção das áreas a serem estudadas em maior profundidade (MENDONÇA, 1995).

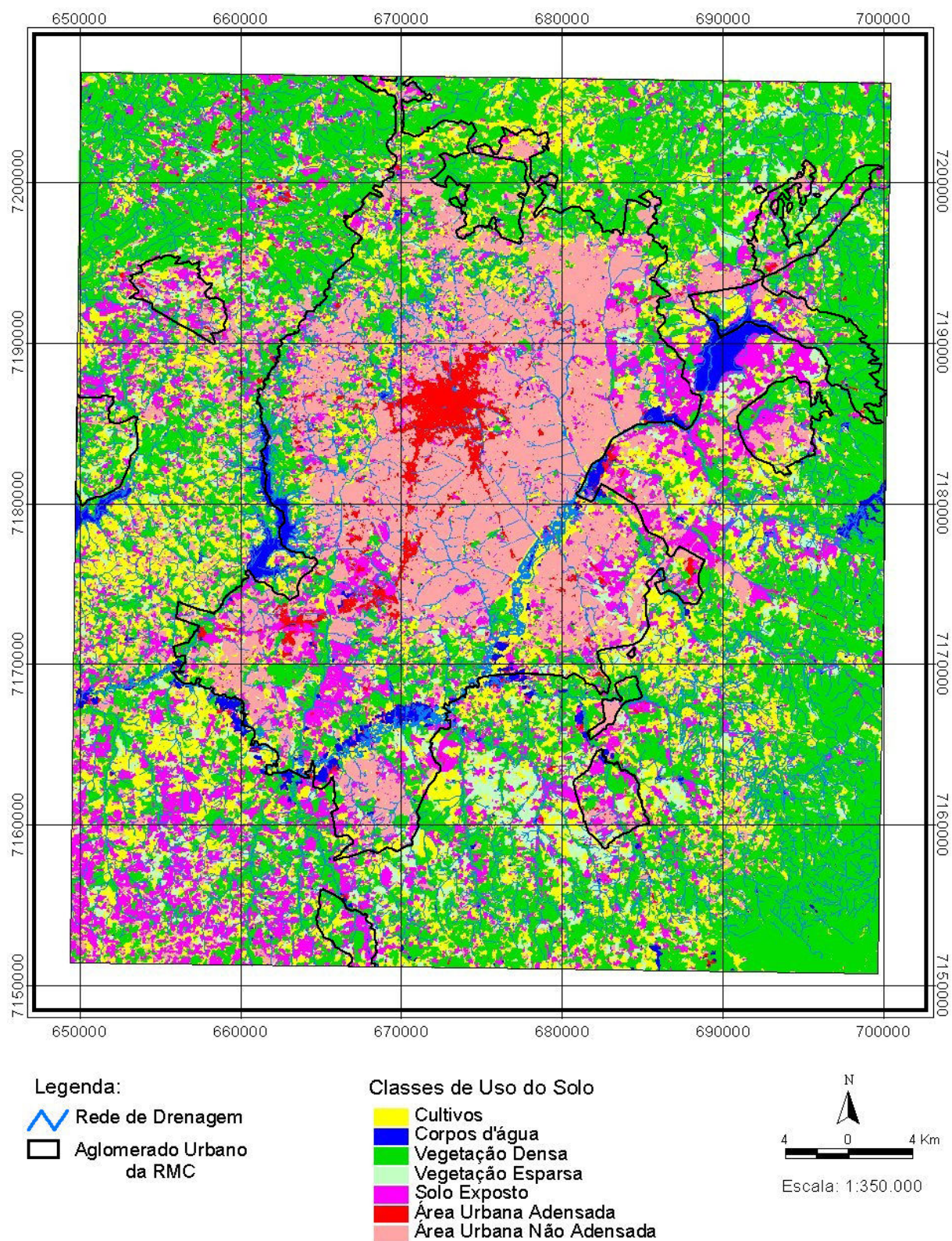
A carta de Uso do Solo do Aglomerado Urbano da RMC (Fig. 3.6) foi obtida por meio do processamento das imagens multiespectrais do dia 02 de setembro de 2002 do satélite Landsat 7 ETM+, 220-078; bandas 3, 4 e 5.

As classes de uso foram estabelecidas visando à identificação da distribuição espacial dos tipos de uso e de cobertura do solo, considerando-se o albedo na formação do clima nas paisagens intra-urbanas e a comparação do clima urbano-rural. Nesta carta distinguiram-se áreas urbanas densas, áreas urbanas menos adensadas, tipo de cobertura vegetal densa, esparsa e cultivo, solo exposto e corpos d'água.

Porém, o fato urbano não se limita ao construto urbano. Considerando-se o SAU de Mendonça (2004b), já mencionado, o aspecto social também deve integrar a análise, para que se possa relacioná-lo às condições de conforto térmico.



FIGURA 3.6 – AU-RMC: Uso do Solo



Fonte: Imagens multiespectrais do satélite LANDSAT-7 ETM+, 220-078, de 27.setembro.2002  
 Concepção: Dumke, 2007; elaboração: Lohmann, 2007

### 3.2.2 A Distribuição Socioespacial das Habitações

Visando ao estudo do conforto térmico no Aglomerado Urbano da RMC e à representação da distribuição socioespacial das habitações, foram selecionados como indicadores da condição e qualidade de vida: a taxa de pobreza e a adequação geral das habitações. Esses indicadores foram objeto de pesquisas realizadas pelo Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – IPARDES, em 2003, em associação com o Observatório das Metrôpoles, coordenado pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Regional – IPPUR, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. O projeto desenvolvido visou ao estudo comparativo das regiões metropolitanas brasileiras quanto às desigualdades socioespaciais e à governança urbana, face ao contexto econômico do país nas últimas décadas (IPARDES, 2005).

As cartas da Taxa de Pobreza (Fig. 3.7) e de Adequação Geral das Habitações (Fig. 3.8), foram cedidas pelo IPARDES e constam da publicação: *Indicadores intrametropolitanos 2000: diferenças socioespaciais na Região Metropolitana de Curitiba*. Curitiba: IPARDES, 2005. 1 CD-ROM. Os dois subitens a seguir, baseiam-se em dados desta publicação e nas observações das respectivas cartas.

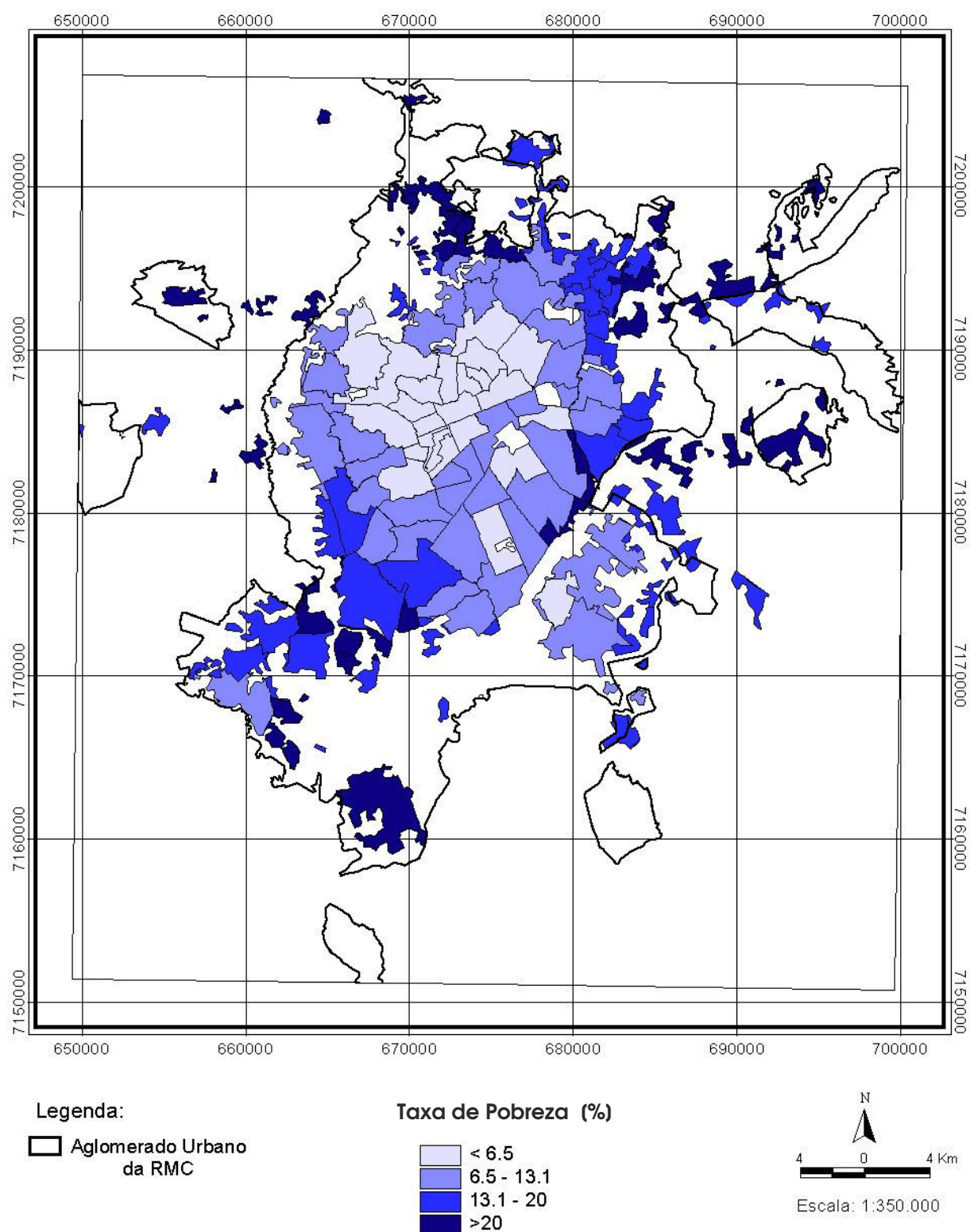
#### A Taxa de Pobreza

Em relação às condições de vida da população, os indicadores que correspondem às maiores desigualdades entre os municípios são: o nível de renda e a possibilidade de acesso ao mercado de trabalho. Ambos revelam as situações mais críticas e a manutenção de elevados níveis de desigualdade. Para o IPARDES (2005, p. 30) a pobreza se define como a “condição em que a renda familiar mensal *per capita* é de, no máximo, meio salário mínimo, e a taxa de pobreza corresponde ao percentual de famílias nessa condição”.

Segundo o IPARDES (2005), do total de famílias pobres da RMC, 39,90% se concentram em Curitiba e 44,89% nos outros municípios do Aglomerado Urbano. Entre estes, Piraquara apresenta a maior taxa de pobreza com 23,17% e São José dos Pinhais a menor: 14,03%. A distribuição é desigual também no interior de Curitiba, onde das 42,6 mil famílias pobres do município, o Juvevê apresenta a menor proporção, com 0,54%, e parte do Uberaba, próximo ao Parque Iguaçu, a maior proporção, com 28,83%.



FIGURA 3.7 – AU-RMC: Taxa da Pobreza



Fonte: IPARDES, 2000a. Adaptação: Dumke, 2007; elaboração: Lohmann, 2007

Obs.: Pobreza é "a condição em que a renda familiar mensal *per capita* é de, no máximo, meio salário mínimo, e a taxa de pobreza corresponde ao percentual de famílias nessa condição" (IPARDES 2005, p. 30).

No outro extremo, o das famílias que se encontram no estrato superior (renda *per capita* acima de 3 salários mínimos), Curitiba concentra 82,64% do total de famílias que se encontram neste estrato na RMC – ou seja, 40,39% das famílias de Curitiba. Nesse município, duas das áreas de maior número de famílias de estrato superior apresentam simultaneamente elevado número de famílias pobres, devido à presença de favelas – o Novo Mundo e o Cajuru.

Na carta da Taxa de Pobreza (Fig. 3.7), observa-se uma tendência de aumento de pobreza do município pólo para a periferia geográfica do Aglomerado Urbano, embora Araucária, São José dos Pinhais e Colombo apresentem uma distribuição heterogênea. Enquanto Curitiba, São José dos Pinhais e Araucária se destacam por apresentarem os melhores níveis de renda, os níveis mais críticos se verificam em Fazenda Rio Grande, Almirante Tamandaré e Piraquara.

### **Adequação Geral das Habitações**

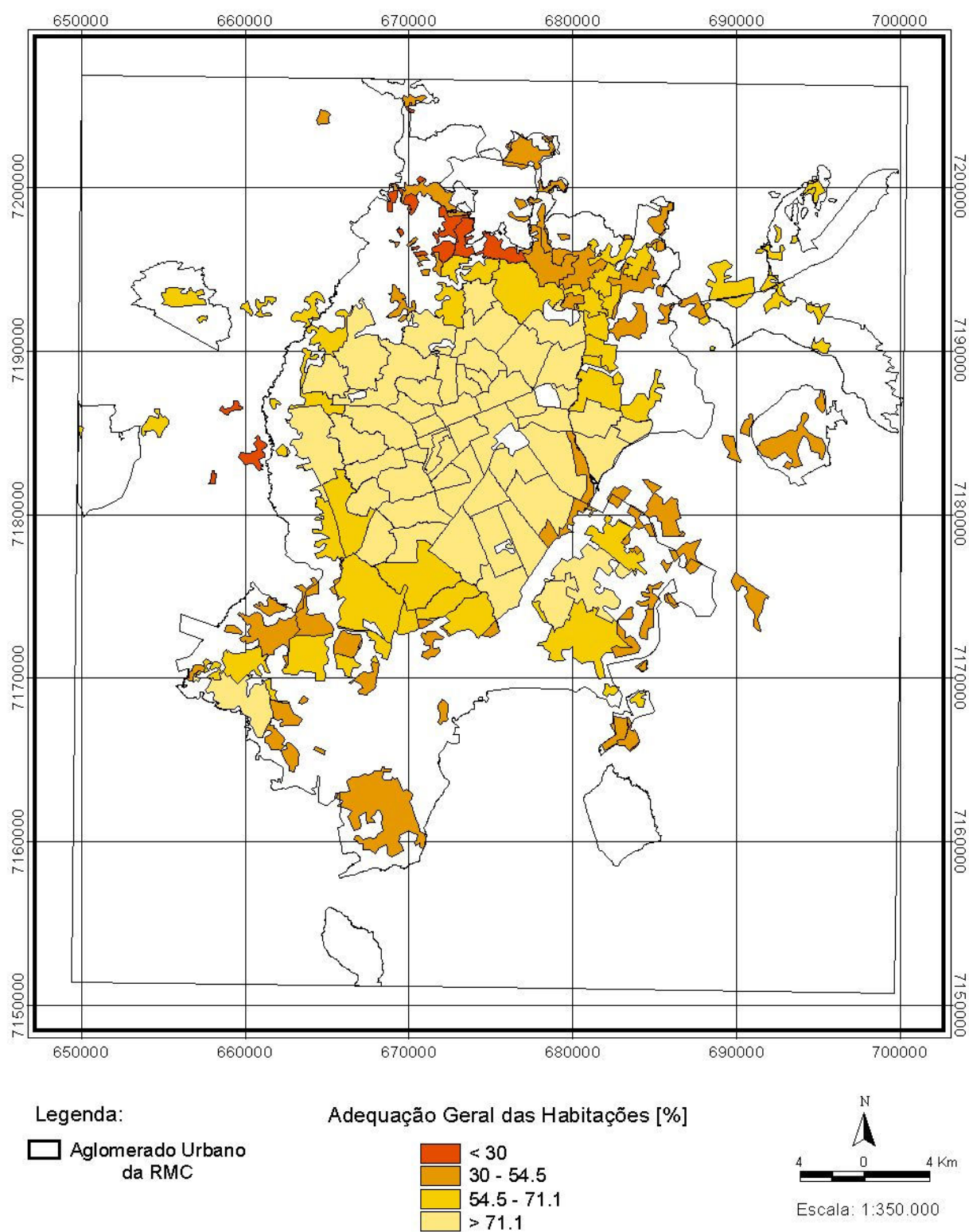
O índice de adequação geral dos domicílios urbanos considera o atendimento ao seguinte conjunto de critérios estabelecidos (IPARDES, 2005):

- abastecimento de água: domicílio servido por rede geral, com canalização em pelo menos um cômodo;
- escoamento sanitário: domicílio ligado à rede geral ou fossa séptica;
- coleta de lixo: domicílio atendido por serviço de limpeza ou caçamba; e
- densidade de moradores por dormitório: até duas pessoas por dormitório.

A Carta de Adequação Geral das Habitações (Fig. 3.8) evidencia a desigualdade socioespacial. O município pólo, mesmo com desigualdades internas, apresenta a mais elevada proporção de habitações com adequação geral, que, em geral, decresce em direção à periferia da mancha urbana, mas de forma heterogênea (IPARDES, 2005, p. 28):

A condição de maior inadequação revelada pelo Segundo Anel pode estar indicando que essa é a espacialidade da RMC que se peculiariza como área de expansão recente do processo de periferização do núcleo metropolitano, hoje configurado por Curitiba e alguns municípios de seu entorno imediato, como São José dos Pinhais, Pinhais, Campo Largo e Araucária, que vêm incorporando o padrão seletivo de valorização do solo urbano da metrópole.

FIGURA 3.8 – AU-RMC: Adequação Geral das Habitações



Fonte: IPARDES, 2000b. Adaptação: Dumke, 2007; elaboração: Lohmann, 2007

Obs.: O Índice de Adequação Geral das Habitações (IPARDES, 2005) considera os critérios: abastecimento de água, escoamento sanitário, coleta de lixo e densidade de moradores por dormitório.

No ano de 2003, o Aglomerado Urbano possuía no total 195.658 domicílios inadequados, dos quais 95.573 se encontravam no município pólo. Os restantes se concentravam principalmente nos municípios de São José dos Pinhais e Colombo, seguidos de Almirante Tamandaré, Araucária (IPARDES, 2005).

A maior proporção de adequação das habitações se localiza nas regiões centrais de Araucária, Colombo e São José dos Pinhais, seguidos de Pinhais. Nos municípios ao Norte e Nordeste, devido à existência de fossas sépticas, encontram-se proporções intermediárias nas condições de habitação. As mais baixas proporções se encontram nos municípios ao Sul, além dos municípios de Almirante Tamandaré e Campo Largo.

### **3.3 SÍNTESE ESPACIAL**

A cidade em si é um todo, mais do que a soma dos elementos naturais e construídos que a compõem: é o resultado de sua interação contínua. O fato urbano não só se desenvolve sobre o suporte do sítio e o modifica, mas também é alterado por ele. Conforme Monteiro (1990b, p. 86), há uma importante relação geomorfológica entre os sítios e os modelos urbanos, mas também entre os aspectos culturais e os socioeconômicos. Desta forma, a setorização do ambiente urbano tem por objetivo, não a sua subdivisão, mas a compreensão do conjunto das inter-relações dos elementos que compõem as paisagens urbanas, que resulta na diferenciação do clima intra-urbano.

#### **3.3.1 Setorização do Ambiente Urbano**

A setorização geral do ambiente urbano seguiu a proposta de Mendonça (1995) com as adaptações exigidas pelo nível escalar e pela complexidade da área de estudo e foi elaborada sob a perspectiva do SAU – Sistema Ambiental Urbano de Mendonça (2004b, p. 185-207)<sup>6</sup>.

Para Monteiro (1990a, p. 11), o clima urbano deve ser tomado como um

---

<sup>6</sup> Conforme a Introdução do presente trabalho.

sistema complexo, aberto e adaptativo, que ao receber a energia do ambiente em que se insere, a transforma, gerando “uma produção exportada ao meio ambiente”. Desta forma, o estudo do Clima Urbano deve ser *centrado na cidade*, deve ter uma abordagem sistêmica e sob a concepção dinâmica do clima.

Mendonça (2004b) sugere o estudo do clima urbano/conforto térmico como um sub-sistema inserido no SAU, isto é, a partir da perspectiva da cidade como um todo. Desta forma, inicia-se a análise a partir dos subsistemas que formam o SAU, o Subsistema Natureza (sítio urbano) e o Subsistema Sociedade (que abrange o Subsistema Construído e o Subsistema Social).

Assim, a partir da cartografia básica dos elementos do sítio, buscou-se a identificação das unidades de características relativamente uniformes para sua posterior correlação ao fato urbano, visando estabelecer uma setorização dos ambientes intra-urbanos. Esse estudo apresentou tal complexidade que inviabilizaria a elaboração da pesquisa, demandando um grande número de locais de monitoramento, equipamentos e pessoal para seu manuseio.

A solução encontrada incluiu a inversão da ordem das etapas, reiniciando o processo de análise a partir do fato urbano (a partir das Cartas de Uso do Solo, de Taxa de Pobreza e de Adequação Geral das Habitações) para, em seguida, correlacioná-lo às características do sítio (Hipsometria, Declividade, Orientação das Vertentes do Relevo, Direção e Velocidade dos Ventos). Esta alternativa mostrou-se mais adequada e coerente, uma vez que é o fato urbano que deverá balizar a setorização do ambiente urbano (MENDONÇA, 1995).

Desta forma, a setorização do ambiente foi determinada tendo como seu principal balizador o fato urbano, uma vez que o objeto de estudo é o clima urbano.

A relação das classes de uso do solo às classes de distribuição socioespacial das habitações (condições/qualidade de vida), resultou em uma composição de setores de características urbanas relativamente homogêneas, que se apresentaram distribuídas como um mosaico, repetindo-se em diferentes locais do Aglomerado Urbano da RMC e, portanto, com características naturais distintas.

As Tabelas 3.1 e 3.2 apresentam, respectivamente, as classes dos elementos do sítio e do fato urbano utilizadas na análise:

TABELA 3.1 – Classes dos elementos do sítio

NATUREZA - SÍTIO					
Hipsometria (m)	Declividade (%)	Orientação de vertentes		Velocidade do vento	Direção do vento
1. < 890 m	1. 0 - 5%	N	NE	1. Calmaria	N-S
2. 890 – 920 m	2. 0 - 10%	E	SE	2. Baixa	NE-SO
3. 920 – 950 m	3. 0 - 20%	S	SO	3. Média	L-O
4. 950 – 980 m	4. 0 - 30%	O	NO	4. Alta	NO-SE
5. > 980 m	5. 0 - 45%	H (plana ou horizontal)			
	6. 0 - >45%				

TABELA 3.2 – Classes do Fato Urbano

SOCIEDADE – FATO URBANO			
Taxa de pobreza (%)	Adequação das habitações (%)	Uso do solo	Albedo
		A. Área urbana adensada.....	0,27 <sup>(1)</sup>
1. < 6,5	a. > 71,1	B. Área urbana não adensada...	0,10 (média = 0,15) <sup>(1)</sup>
2. 6,5 - 13,1	b. 54,5 - 71,1	C. Vegetação densa.....	0,13 <sup>(2)</sup> ou: 0,06 - 0,15 <sup>(3)</sup>
3. 13,1 - 20	c. 30 - 54,5	D./E. Vegetação/Cultivo .....	0,20 <sup>(2)</sup> ou: 0,12 - 0,25 <sup>(3)</sup>
4. > 20	d. < 30	F. Solo Exposto.....	terreno arenoso 0,15 - 0,40 <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup>
		G. Corpos d'água.....	0,05 <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Oke (1978, p. 247)

<sup>(2)</sup> Henderson-Sellers e Robinson (1989, p. 47)

<sup>(3)</sup> Collischon (1998, p. 30)

<sup>(4)</sup> Geiger (1990, p. 20)

<sup>(5)</sup> Oke (1978, p. 15): 0,05 - 0,40 dark wet-light dry/Collischon (1998, p. 30): 0,08 úmido e 0,15 seco

Num primeiro momento, ao relacionar os tipos de uso do solo com as categorias de condições/qualidade de vida para caracterizar o fato urbano, foram encontrados 60 tipos de setores. Após um trabalho de reorganização, aumento do grau de generalização, seleção dos fatores mais significativos para análise, agrupamento de tipos de uso e eliminação de áreas de dimensões muito reduzidas ou de uso do solo indefinido (IBGE, 1999), foi possível chegar aos 23 tipos de setores.

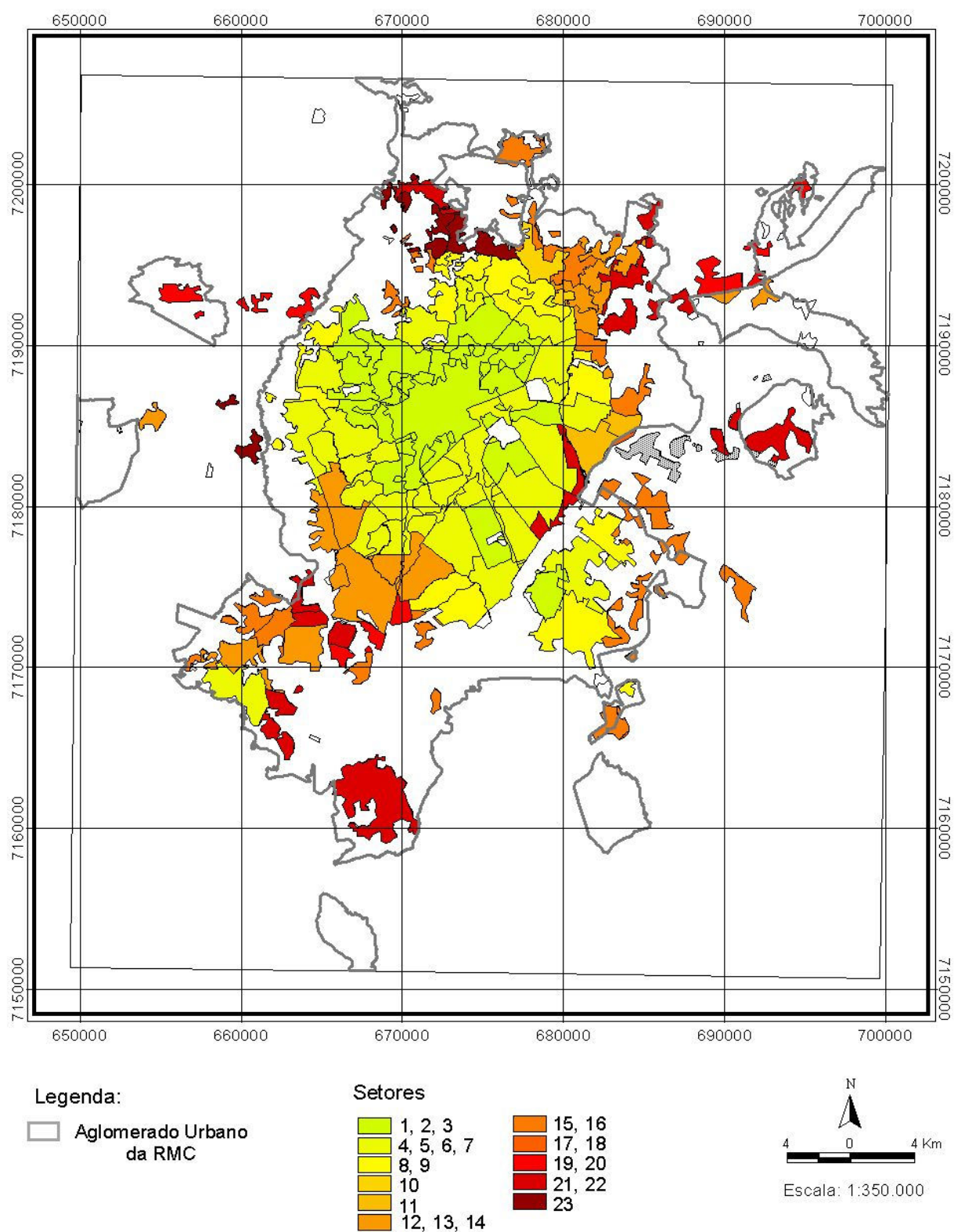
Uma vez caracterizado o fato urbano e classificado em 23 setores (Fig. 3.9), realizou-se uma segunda correlação, desta vez entre o fato urbano e as características do sítio, que permitiu a seleção dos locais a serem estudados com maior detalhamento e a definição dos pontos de monitoramento.

Assim, a setorização do Aglomerado Urbano da RMC, visou caracterizar os ambientes intra-urbanos com condições diferenciadas de conforto térmico, considerando-se um conjunto de fatores: o fato urbano (que inclui o construto urbano e a perspectiva do social), relacionado aos aspectos naturais (o sítio e as condições atmosféricas).

Na definição dos pontos de monitoramento, buscaram-se, para determinadas condições sociais e urbanas, áreas e pontos representativos do clima da localidade e de maior diferenciação possível entre eles, com o objetivo de avaliar as condições de conforto ambiental em relação às condições e à qualidade de vida.



FIGURA 3.9 – AU-RMC: Setorização



Base Cartográfica: MINEROPAR, 2004. Concepção: Dumke, 2007; elaboração: Lohmann, 2007

Obs.: A escala de cores do verde ao vermelho reflete uma ordem decrescente de condições sociais; as subdivisões em números, diferentes usos do solo; cada parcela de setor possui características naturais próprias (ver Apêndice A)

### **Caracterização dos 23 tipos de setores que compõem o AU-RMC**

Os tipos de setores encontrados no Aglomerado Urbano da RMC foram ordenados de 1 a 23, de forma que os menores números indicam as melhores condições/qualidade de vida, enquanto os números maiores indicam o oposto, as condições mais desfavoráveis.

Os setores de nº 1, 2 e 3 por exemplo têm as mesmas condições sociais favoráveis (maior adequação geral das habitações e menor taxa de pobreza), mas se diferenciam pelo uso do solo (respectivamente, área urbana adensada, área urbana não adensada e predomínio de cobertura vegetal densa e cultivo). Nos de números maiores, referentes às condições mais desfavoráveis, como o nº 23, apresentam-se predominantemente áreas urbanas não adensadas.

Uma vez que um setor pode ser encontrado em várias localizações da Mancha Urbana, o mesmo pode apresentar diferentes características naturais, pois o que define o setor em primeira instância, são as características do fato urbano. Assim, cada parte de setor é analisada quanto às características do sítio, em cada localidade onde se encontra. Por exemplo, o setor de nº 21 se encontra distribuído em localidades ao Norte, ao Leste e ao Sul do Aglomerado Urbano. As características em comum são as sociais e urbanas: são áreas da mais alta taxa de pobreza (4); de baixo índice de adequação das habitações (c); e, de área urbana não adensada (B). No entanto, este mesmo setor, conforme sua localização, apresenta diferentes características do sítio (em relação ao nível de altitude, faixa de declividade e orientação de vertentes e velocidade e direção do vento predominante). Desta forma, o mesmo setor deve apresentar diferentes características climáticas pois se repete em diversas paisagens intra-urbanas.

O setor nº 21, situado no município de Almirante Tamandaré, onde os níveis de altitude alcançam a faixa de 1010 à 1070m, apresentam altas declividades (variando de 0 a 45%), a orientação de vertentes predominante é Nordeste, a velocidade de vento, desde que não haja obstáculos, de média a alta e sua direção tende a ser NO devido à conformação topográfica da bacia hidrográfica onde se insere. Já o mesmo setor nº 21, situado no município de Fazenda Rio Grande, alcança os níveis mais baixos de altitude (inclusive inferiores à 890m), baixa declividade (até 10%) e terreno praticamente plano. A velocidade e a direção dos ventos superficiais se assemelham às de Almirante Tamandaré, mas se diferenciam do setor nº 21, situado no município de Piraquara, onde em algumas áreas predomina a calmaria, baixa, média ou alta velocidade do vento e a direção do vento é predominantemente Leste-Oeste.



### **Descrição sucinta dos 23 tipos de setores do AU-RMC quanto às suas características sociais e urbanas**

**Os setores de 1 a 3** têm as mais favoráveis características sociais – a menor taxa de pobreza: < 6,5%, bem como a maior taxa de adequação das habitações: > 71,1%.

Quanto ao uso do solo, o setor 1 compreende a área urbana adensada central; o setor 2 se caracteriza pelo uso do solo do tipo B: área urbana não adensada; e, o setor 3 pelo conjunto CD: vegetação densa / cultivo

**Os setores de 4 a 7** têm índices favoráveis de características sociais em comum – a segunda menor taxa de pobreza: na faixa de 6,5 a 13,1% e a maior taxa de adequação das habitações: > 71,1%. Quanto ao uso do solo, o setor 4 compreende a área urbana adensada; o setor 5 se caracteriza pelo tipo B: área urbana não adensada; no setor 6 predomina o conjunto CD[F]: vegetação densa / cultivo / em menor proporção, solo exposto; e, no setor 7, o conjunto BAF: área urbana não adensada / área urbana adensada / solo exposto.

**Os setores 8 e 9** têm características sociais favoráveis – a segunda menor taxa de pobreza: na faixa de 6,5 a 13,1% e boa taxa de adequação das habitações: de 54,5 a 71,1%. Quanto ao uso do solo, no setor 8 predomina o tipo B: área urbana não adensada; e, o setor 9 se caracteriza pelo conjunto CDF: vegetação densa / cultivo / solo exposto.

**O setor 10** tem como características sociais – a segunda menor taxa de pobreza, na faixa de 6,5 a 13,1% e taxa de adequação das habitações entre 30 e 54,5%. No setor 10 predomina o uso do solo do tipo: áreas urbanas não adensadas.

**O setor 11** tem como características sociais – alta taxa de pobreza, entre 13,1 e 20% e a maior taxa de adequação das habitações [> 71,1%]. O uso do solo neste setor é de predomínio de área urbana não adensada.

**Os setores 12, 13 e 14** têm como características sociais – alta taxa de pobreza, entre 13,1 e 20%, no entanto boa taxa de adequação das habitações: 54,5 a 71,1%. Quanto ao uso do solo, predomina no setor 12 o tipo A: área urbana adensada; o setor 13 se caracteriza pelo tipo B: área urbana não adensada; e, o setor 14 pelo conjunto BAF: área urbana não adensada / área urbana adensada / solo exposto.

**Os setores de 15 e 16** têm como características sociais – a alta taxa de pobreza entre 13,1 e 20% e baixa taxa de adequação das habitações entre 30 e 54,5%.

Quanto ao uso do solo, no setor 15 predomina o tipo B: área urbana não adensada; e, o setor 16 se caracteriza pelo conjunto BAF: área urbana não adensada / área urbana adensada / solo exposto.

**O setor 17** tem características sociais desfavoráveis – taxa de pobreza alta, entre 13,1 e 20% e a mais baixa taxa de adequação das habitações: < 30%. O uso do solo predominante se caracteriza pelo conjunto CDF: vegetação densa / cultivo / solo exposto.

**O setor 18** tem características sociais contrastantes – a mais alta taxa de pobreza: >20% e ao mesmo tempo a maior adequação das habitações: >71,1%. O uso do solo predominante é do tipo B: área urbana não adensada.

**Os setores 19 e 20** têm como características sociais – a mais alta taxa de pobreza: >20% , porém boa taxa de adequação das habitações: 54,5 a 71,1%. No setor 19 o uso do solo predominante é do tipo B: área urbana não adensada; e, no setor 20 predomina o conjunto CDF: vegetação densa / cultivo / solo exposto.

**Os setores de 21 e 22** têm características sociais desfavoráveis – a mais alta taxa de pobreza: >20% e taxa de adequação das habitações entre 30 e 54,5%. No setor 21 o uso do solo predominante é do tipo B: área urbana não adensada; e o setor 22, se caracteriza pelo conjunto BAF: área urbana não adensada, área urbana adensada e solo exposto.

**O setor 23** distingue-se pelas mais desfavoráveis características sociais do AU-RMC – a mais alta taxa de pobreza: >20% e a mais baixa taxa de adequação das habitações: < 30%. O uso do solo predominante é do tipo: área urbana não adensada.

Uma descrição mais completa dos 23 setores do AU-RMC, incluindo as categorias dos elementos do sítio encontra-se na Tabela A.1, Apêndice A.

As características dos setores selecionados para o trabalho de campo são complementadas na descrição dos pontos de levantamento de campo, na subseção 3.3.3. Antecede-a, porém, a próxima subseção que apresenta os critérios de seleção dos pontos a serem monitorados.

### 3.3.2 Definição de Pontos de Monitoramento (Fig. 3.10)

A seleção dos setores a serem estudados por meio de um maior detalhamento seguiu os seguintes critérios por ordem de prioridade:

- Condições e qualidade de vida (Subsistema Social);
- Construto urbano: o uso do solo, a estrutura, a forma e a funcionalidade (Subsistema Construído);
- Características do sítio (Subsistema Natural); e,
- Possíveis interações entre teses (Interdisciplinaridade).

Em relação a cada um desses critérios, foram estabelecidos os setores de maior diferenciação para serem avaliados.

**Os critérios de seleção quanto às condições e qualidade de vida** (Tab. 3.3), foram definidos por meio da atribuição de pesos: as categorias de Adequação Geral das Habitações foram classificadas em ordem decrescente de adequação, de “1” a “4”, (1: >70%, a maior taxa de adequação das habitações; 4: <30%, a menor taxa de adequação) e as categorias de Taxa de Pobreza, em ordem crescente de pobreza de “a” a “d” (1: < 6,5%, a menor taxa pobreza; 4: >20%, a maior taxa de pobreza). Assim, “1” e “a” significam as categorias mais favoráveis, e “4” e “d”, as mais desfavoráveis, recebendo pesos proporcionais.

TABELA 3.3 – Adequação das Habitações e Taxa de Pobreza: análise qualitativa

		Adequação das Habitações			
		1 peso 1	2 peso 2	3 peso 3	4 peso 4
Taxa de Pobreza	a peso 1	<b>1a</b> peso 2	<b>2a</b> peso 3	<b>3a</b> peso 4	<b>4a</b> peso 5
	b peso 2		<b>2b</b> peso 4	<b>3b</b> peso 5	<b>4b</b> peso 6
	c peso 3		<b>2c</b> peso 5	<b>3c</b> peso 6	<b>4c</b> peso 7
	d peso 4			<b>3d</b> peso 7	<b>4d</b> peso 8

Desta forma, alguns setores se diferenciaram quanto aos valores atribuídos, como 1a (peso 2) e 4d (peso 8), ou seja, as categorias extremas; outros apresentaram valores semelhantes como 2c, 3b e 4a (peso 5): as categorias

intermediárias. Estas categorias estão representadas pelos setores na Tabela 3.4 a seguir:

TABELA 3.4 – Classificação das categorias de Condições e Qualidade de Vida

<b>peso</b>		<b>Setores:</b>
2	1a	<b>1, 2 e 3</b>
3	2a	<b>4, 5, 6 e 7</b>
4	2b 3a	<b>8, 9 e 11</b>
5	2c 3b 4a	<b>10, 12, 13, 14 e 18</b>
6	3c 4b	<b>15, 16, 19 e 20</b>
7	3d 4c	<b>17, 21 e 22</b>
8	4d	<b>23</b>

Observando-se que a comparação entre extremos evidenciará resultados mais significativos para o estudo quanto aos critérios de condições e qualidade de vida, optou-se pela inclusão preferencial de setores que apresentam condições opostas, como os setores de 1, 2 e 3 - de condições sociais mais favoráveis, e os setores 17, 21, 22 e 23, de condições sociais mais desfavoráveis.

A inclusão de outros setores, de condições sociais intermediárias, ocorreria conforme a prioridade apresentada na avaliação de outros critérios. Mesmo assim, foram privilegiados setores de pesos diferenciados na análise qualitativa das categorias de condições e qualidade de vida, buscando-se representar a maior variabilidade possível de condições sociais. Uma vez priorizado o Subsistema Social na seleção dos setores a serem estudados em maior detalhe, a escolha dos outros setores obedeceu aos critérios conforme sua diversidade no Subsistema Construído, no Subsistema Natural e as possibilidades de interações entre teses.

**Critérios de seleção quanto ao Subsistema Construído.** Em relação ao Construto Urbano, as localidades selecionadas para o levantamento de dados deveriam apresentar a maior diferenciação possível, para possibilitar uma análise mais detalhada. Embora os pontos a serem monitorados devessem ser instalados próximos à habitação, os setores deveriam apresentar o predomínio de distintas características de cobertura do solo (Uso do Solo); e de diferentes tipologias construtivas (Configuração Urbana); distribuídos em zonas de diferentes usos como habitação, serviços, indústria, etc. (Funcionalidade); e, localizados em todo o

Aglomerado Urbano, contemplando áreas do centro antigo, dos setores estruturais e de seus interstícios, bem como das sedes municipais (Estrutura Urbana).

**Critério de seleção quanto ao Subsistema Natural.** Os setores deveriam se situar em localidades onde as associações às características do sítio (orientação de vertentes, a declividade, a hipsometria e os ventos de superfície), promovessem maior diferenciação das condições climáticas.

**Critério de seleção quanto à interação entre teses.** Na seleção dos espaços urbanos a serem estudados com maior profundidade buscou-se contemplar as áreas geográficas que constituem os objetos de estudo das teses elaboradas e em elaboração pela Linha de Pesquisa Urbanização, Cidade e Ambiente Urbano do MA&D/UFPR, visando possibilitar a interação entre as mesmas. A associação dos critérios apontou para seleção de determinadas áreas da cidade. Por outro lado, evitaram-se as áreas de uso mistas, indefinidas, ou não representativas quanto às características procuradas, bem como aquelas que não fizessem parte do contínuo urbano. Desta forma, entre os 23 tipos de setores encontrados, foram selecionados para o levantamento de campo, aqueles que contemplassem os elementos prioritários conforme os critérios de seleção descritos.

**Os setores selecionados a serem avaliados prioritariamente foram:**

- **setores 1, 2 e 3**, de excelentes *condições sociais*, *tipos de uso do solo* diferenciados (área urbana densa, área urbana menos densa e predomínio de vegetação), diferenciadas quanto ao *zoneamento* (centro antigo, setores estruturais e seus interstícios), quanto à *funcionalidade* e aos *aspectos naturais*; e
- **setores 21 e 23**, de *condições sociais* muito desfavoráveis, mesmos *tipo de uso do solo* (área urbana menos densa), *distribuição* no Aglomerado Urbano, *zoneamento* (sedes dos municípios e áreas distantes do centro antigo da mancha urbana), *funcionalidade*, *problemas socioambientais*;

Outros setores foram incluídos para possibilitar um maior detalhamento da análise com *condições sociais* intermediárias, diferentes *aspectos naturais e urbanos* e conforme a *distribuição* no AU-RMC:

- **setores 4, 5 e 6**, de boas *condições sociais*, *tipos de uso do solo* diferenciados (área urbana densa, área urbana menos densa e predomínio de vegetação e solo exposto), diferenciadas quanto ao *zoneamento* (sede municipal, setores estruturais e seus interstícios) e quanto aos *aspectos naturais*;

• **setores 13 e 15**, de *condições sociais* intermediárias a desfavoráveis, quanto ao *tipo de uso do solo*, área urbana não adensada, diferenciados quanto ao *zoneamento* (núcleo municipal e setor industrial) e quanto aos *aspectos naturais* (direção dos ventos e orientação de vertentes).

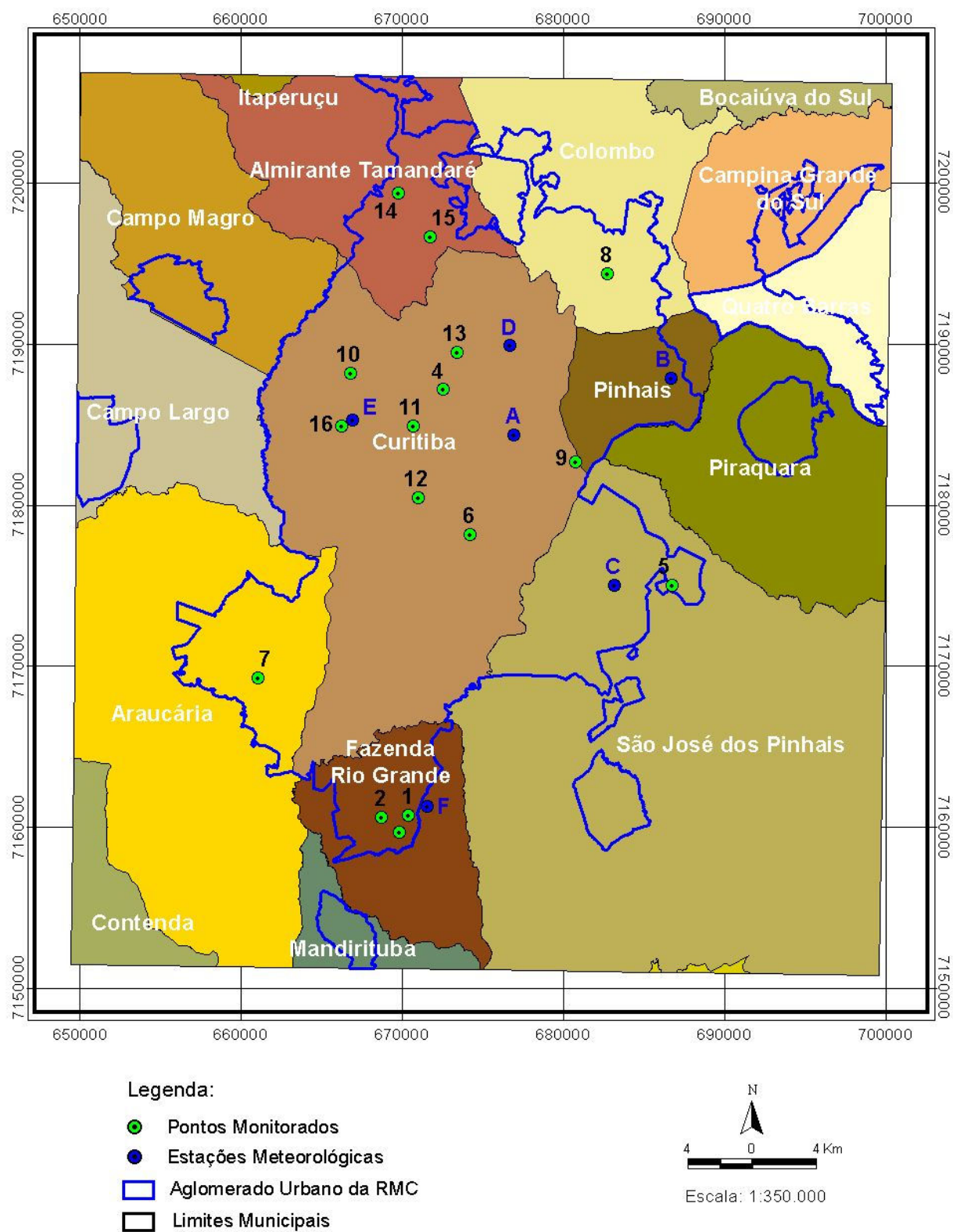
O controle de campo, que se seguiu, permitiu o estabelecimento dos pontos a serem monitorados no levantamento de campo. A Tabela 3.5 apresenta os pontos para o levantamento de campo, selecionados segundo os critérios expostos, nos setores estabelecidos, ordenados conforme as categorias do fato urbano.

TABELA 3.5 – Seleção de pontos de levantamento de campo e respectivos setores

Setor	Taxa de Pobreza (%)	Adequação das Habitações (%)	Uso do solo	Ponto de Monitoramento	Nº Termo-Higrômetro
	1. < 6,5 2. 6,5 - 13,1 3. 13,1- 20 4. > 20	a. > 71,1 b. 54,5 - 71,1 c. 30 - 54,5 d. < 30	A. Área urbana adensada B. Área urb. não adensada C. Vegetação densa D./E. Vegetação/Cultivo F. Solo Exposto G. Corpos d'água		
1	1	a	A	Curitiba- Centro Histórico Curitiba- Batel	4 11
2	1	a	B	Curitiba- Ahu	13
3	1	a	CD	Curitiba- Santa Felicidade	10
4	2	a	A	Curitiba- Novo Mundo	12
5	2	a	B	Curitiba- Xaxim Araucária	6 7
6	2	a	CD(F)	Curitiba- Campo Comprido	16
7	2	a	BAF	-	
8	2	b	B	-	
9	2	b	CDF	-	
10	2	c	B	-	
11	3	a	B	-	
12	3	b	A	-	
13	3	b	B	Colombo	8
14	3	b	BAF	-	
15	3	c	B	São José dos Pinhais	5
16	3	c	BAF	-	
17	3	d	CDF	-	
18	4	a	B	-	
19	4	b	B	-	
20	4	b	CDF	-	
21	4	c	B	Fazenda Rio Grande Fazenda Rio Grande Fazenda Rio Grande Curitiba- Cajuru	1 2 3 9
22	4	c	BAF		
23	4	d	B	Almirante Tamandaré Almirante Tamandaré	14 15

A Figura 3.10 apresenta a localização dos pontos de monitoramento no AU-RMC; as Tabelas 3.6 e 3.7 sintetizam as características das localidades monitoradas quanto aos subsistemas natureza e sociedade, descritas brevemente na próxima subseção.

FIGURA 3.10 – AU-RMC: Pontos de Monitoramento



Base Cartográfica: MINEROPAR, 2004. Concepção: Dumke, 2007; elaboração: Lohmann, 2007

TABELA 3.6 – Síntese das características naturais nos pontos monitorados

PONTOS DE MONITORAMENTO				NATUREZA			
Localização	Setor	Coordenadas	Hipsometria	Declividades*	Veloc. Ventos	Direção Ventos	Or. de Vertentes*
			1. < 890m 2. 890 - 920m 3. 920 - 950m 4. 950 - 980m 5. > 980m	0. ≤ 5 % 1. ≤ 10 % 2. ≤ 20 % 3. ≤ 30 % 4. ≤ 45 % 5. > 45 %	calmaria baixa média alta	N-S L-O NO-SE SO-NE	Plano (P) N NO S SE E NE O SO
<b>1. Fazenda Rio Grande Santarém/Nações</b>	<b>21</b>	25° 39' 50" S 49° 17' 31" W 899m	<b>1</b>	<b>0 (95%)</b>	<b>calmaria</b>	<b>NO-SE</b>	<b>P</b>
<b>2. Fazenda Rio Grande Gralha Azul</b> Rua João de Barro, 260	<b>21</b>	25° 39' 54" S 49° 18' 31" W 918m	<b>2</b>	<b>0 (75%)</b> 1,2,3 (25%)	<b>baixa</b>	<b>NO-SE</b>	<b>P, SO</b>
<b>3. Fazenda Rio Grande Jardim Veneza</b> Rua Pintassilgo	<b>21</b>	25° 40' 23" S 49° 17' 51" W 927m	<b>3</b>	<b>0 e 1 (80%)</b> 2 e 3 (20%)	<b>alta</b>	<b>NO-SE</b>	<b>P, NE</b>
<b>4. Curitiba-Centro Histórico</b> rua Trajano Reis, 199	<b>1</b>	25° 25' 30" S 49° 16' 26" W 908m	<b>2</b>	<b>0 e 1 (90%)</b> 2 e 3 (10%)	<b>baixa</b>	<b>NO-SE</b>	<b>P, N</b>
<b>5. São José dos Pinhais J. Santana</b> Rua Brasil, 28	<b>15</b>	25° 31' 58" S 49° 07' 52" W 905m	<b>2</b>	<b>0 (80%)</b> 1 e 2 (20%)	<b>calmaria</b>	<b>NO-SE</b>	<b>S, SO</b>
<b>6. Curitiba-Xaxim</b> rua José Leal Fontoura, 751	<b>5</b>	25° 30' 21" S 49° 15' 23" W 932m	<b>3</b>	<b>0 (100%)</b>	<b>alta</b>	<b>NO-SE</b>	<b>P</b>
<b>7. Araucária</b> Escola Terezinha Teobaldi rua Gumercindo Pimenta, 76	<b>5</b>	25° 35' 16" S 49° 23' 10" W 896m	<b>2</b>	<b>0 (50%)</b> 1 e 2 (50%)	<b>calmaria</b>	<b>SO-NE</b>	<b>SE, P</b>
<b>8. Colombo</b> Rua Antonio R. da Silva, 200	<b>13</b>	25° 21' 31" S 49° 10' 25" W 915m	<b>2</b>	<b>0 (80%)</b> 1 (20%)	<b>calmaria</b>	<b>N-S</b>	<b>P, N</b>
<b>9. Curitiba-Cajuru</b> rua Maria P. Agrícola, 7	<b>21</b>	25° 27' 52" S 49° 11' 30" W 880m	<b>1</b>	<b>0 (100%)</b>	<b>calmaria</b>	<b>NO-SE</b>	<b>P</b>
<b>10. Curitiba-Santa Felicidade</b> rua Valentim Guedes, 256	<b>3</b>	25° 24' 59" S 49° 19' 52" W 965m	<b>4</b>	<b>0 e 1 (75%)</b> 2 e 3 (25%)	<b>média</b>	<b>N-S</b>	<b>E, NE, S</b>
<b>11. Curitiba-Batel</b> Av. Visc. de Guarapuava	<b>1</b>	25° 26' 45" S 49° 17' 31" W 942m	<b>3</b>	<b>0 (80%)</b>	<b>baixa</b>	<b>N-S</b>	<b>P</b>
<b>12. Curitiba-Novo Mundo</b> rua Nicolau Serrato Sº, 383	<b>4</b>	25° 29' 08" S 49° 17' 18" W 911m	<b>3</b>	<b>0 (100%)</b>	<b>média</b>	<b>NO-SE</b>	<b>P</b>
<b>13. Curitiba-Ahu</b> rua São Sebastião, 939	<b>2</b>	25° 24' 14" S 49° 15' 56" W 932m	<b>3</b>	<b>0 (55%)</b> 1 e 2 (45%)	<b>calmaria</b>	<b>NO-SE</b>	<b>P, SO</b>
<b>14. Almirante Tamandaré</b> Rodovia dos Minérios, Km 15	<b>23</b>	25° 18' 55" S 49° 18' 11" W 967m	<b>4</b>	<b>1 e 2 (80%)</b> 0 e 3 (20%)	<b>baixa</b>	<b>N-S</b>	<b>NO, P</b>
<b>15. Almirante Tamandaré-Dorcas</b> Rodovia dos Minérios, s/nº	<b>23</b>	25° 20' 23" S 49° 17' 00" W 921m	<b>3</b>	<b>0 a 4</b>	<b>calmaria</b>	<b>N-S</b>	<b>P, N</b>
<b>16. Curitiba-Campo Comprido</b> Rua Eduardo Sprada, 3083	<b>6</b>	25° 26' 47" S 49° 20' 10" W 965m	<b>4</b>	<b>0 e 1 (50%)</b> 2 e 3 (50%)	<b>alta</b>	<b>N-S</b>	<b>N, O</b>

\* A Tabela apresenta as declividades e orientações de vertentes para um raio de 0,5 km a partir do ponto de monitoramento; as características referentes aos próprios pontos são destacadas em negrito



TABELA 3.7 – Síntese das características do Fato Urbano nos pontos monitorados

PONTOS DE MONITORAMENTO			SOCIEDADE				
Localização	Sector	Taxa de Pobreza(%)	Adequação Geral das Habitações(%)	Uso do Solo/Albedo*	Nº Pavimentos	Funcionalidade	Estrutura
		1. < 6,5 2. 6,5- 13,1 3. 13,1 - 20 4. > 20	a. > 71,1 b. 54,5 - 71,1 c. 30 - 54,5 d. < 30	A. Área urbana adensada ...0,27 B. Área urb. não adensada...0,10 C. Vegetação densa.....0,13 D./E. Vegetação/Cultivo.....0,20 F. Solo Exposto.....0,15-0,40 G. Corpos d'água.....0,05			
1. Fazenda Rio Grande Santarém/Nações	21	4	c	B	1	habitação	núcleo municipal
2. Fazenda Rio Grande Gralha Azul	21	4	c	B	1	habitação	núcleo municipal
3. Fazenda Rio Grande Jardim Veneza	21	4	c	B	1	habitação	núcleo municipal
4. Curitiba Centro Histórico	1	1	a	A	> 2	serviço	centro antigo
5. São José dos Pinhais Jardim Santana	15	3	c	B	1	habitação / indústria	setor industrial
6. Curitiba Xaxim	5	2	a	B	2	habitação	interstício eixos estr.
7. Araucária Escola Terezinha Teobaldi	5	2	a	B	2	habitação / serviço	núcleo municipal
8. Colombo	13	3	b	B	2	habitação	núcleo municipal
9. Curitiba Cajuru	21	4	c	B	1	Área de preservação	vale do rio Iguaçu
10. Curitiba Santa Felicidade	3	1	a	CD	2	habitação	áreas verdes
11. Curitiba Batel	1	1	a	A	> 10	habitação / serviço	setor estrutural
12. Curitiba Novo Mundo	4	1	a	A	1	habitação / serviço	setor estrutural
13. Curitiba Ahu	2	1	a	B	2	habitação	interstício eixos estr.
14. Almirante Tamandaré Entrada da cidade	23	4	d	B	> 2	indústria	núcleo municipal
15. Almirante Tamandaré Dorcas	23	4	d	B	1	indústria	eixo de transporte
16. Curitiba Campo Comprido	6	2	a	CD	2	habitação	áreas verdes

\* As classes F (Solo Exposto) e G (Corpos d'Água) não foram selecionadas para os pontos de monitoramento que privilegiaram as áreas de habitação, porém o mapeamento destas categorias no entorno dos pontos monitorados é relevante na análise das condições climáticas.

A caracterização dos locais escolhidos para a coleta dos dados em campo é complementada a seguir pelo levantamento fotográfico realizado *in situ*, pelas imagens de satélite acessadas por meio do *site* Google Earth e por uma breve descrição.

### 3.3.3 Locais de Medição: Características Intra-Urbanas

FIGURA 3.11 – AU-RMC: Setores 1, 2 e 3; localização dos ambientes seleccionados 4 e 11, 13, 10



Fonte: imagens de satélite do site Google Earth; e fotos da autora

O AU-RMC se caracteriza pela estratificação socioespacial das habitações pelo processo de periferização, como se observou na análise espacial: a concentração das classes mais abastadas no centro urbano e o empobrecimento na direção dos municípios circunvizinhos. Assim, os setores 1, 2 e 3 representados em azul claro (Fig. 3.11), são as áreas mais privilegiadas quanto ao nível socioeconômico da população e a infra-estrutura urbana, mas se diferenciam pelo uso do solo: o setor 1 corresponde à área urbana adensada, o setor 2 à área urbana não adensada e no setor 3 às áreas mais vegetadas. Embora com tipologias bem distintas, os ambientes do Centro Histórico (nº 4) e do Batel (nº 11) se situam no mesmo setor (1). No Centro Histórico a legislação é rígida ao limitar a altura dos edifícios para preservar o referencial simbólico urbano; o local monitorado no Batel se encontra na área mais verticalizada da cidade, o Setor Estrutural.

FIGURA 3.12 – AU-RMC: Setor 1, Ambiente 4, Centro Histórico: aspectos da paisagem do entorno



#### 4 – Curitiba-Centro Histórico

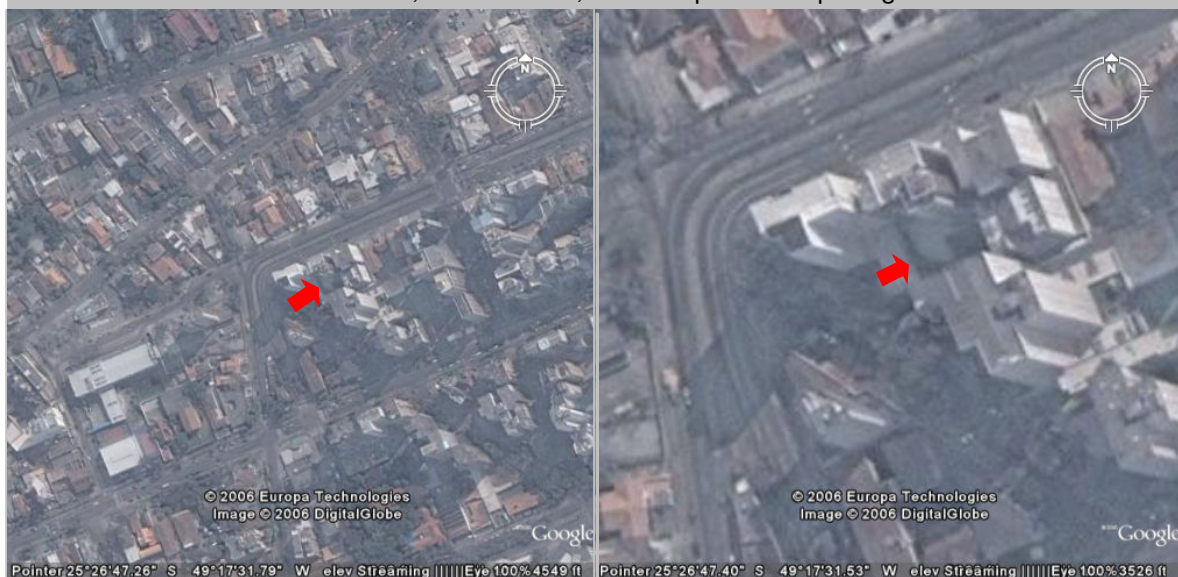


Fonte: imagens de satélite do *site Google Earth*; e fotos da autora

A Igreja do Redentor foi construída no centro antigo da cidade pela comunidade de origem alemã e tombada pelo patrimônio histórico. O equipamento foi instalado sobre uma pequena área gramada, cercada de edifícios de pouca altura, porém não muito ventilada. As medidas foram tomadas pelo jovem casal de zeladores.



FIGURA 3.13 – AU-RMC: Setor 1, Ambiente 11, Batel: aspectos da paisagem do entorno



### 11 – Curitiba-Batel



Fonte: imagens de satélite do *site Google Earth*; e fotos da autora

No Batel, bairro tradicional e de classe abastada, o local monitorado se situou no Eixo Estrutural, área mais verticalizada da cidade. As medições foram tomadas pelos zeladores do edifício. O equipamento foi instalado sobre a laje bem ventilada, com o parapeito coberto de hera, mas sombreada pelos edifícios ao redor em várias horas do dia.



FIGURA 3.14 – AU-RMC: Setor 2, Ambiente 13, Ahu: aspectos da paisagem do entorno



Fonte: imagens de satélite do *site Google Earth*; e fotos da autora

O Ahu, bairro ao Norte da cidade e próximo ao Centro Cívico, é dotado de toda infra-estrutura, áreas verdes e parques. As residências situadas na ZR-1 (Zona Residencial 1) estabelecida pelo zoneamento municipal, denotam um nível social elevado. As casas de dois pavimentos, são em geral em alvenaria (de considerável massa térmica) e possuem um afastamento das divisas que permite a insolação e a ventilação adequadas. As medições foram efetuadas por um dos moradores da residência. A faixa etária adiantada dos três moradores associada às suas boas condições físicas e intelectuais, são indicadores de boas condições e qualidade de vida. O equipamento foi instalado sobre área gramada e em local bem ventilado.



FIGURA 3.15 – AU-RMC: Setor 3, Ambiente 10, Santa Felicidade: aspectos da paisagem do entorno



### 10 – Curitiba-Santa Felicidade

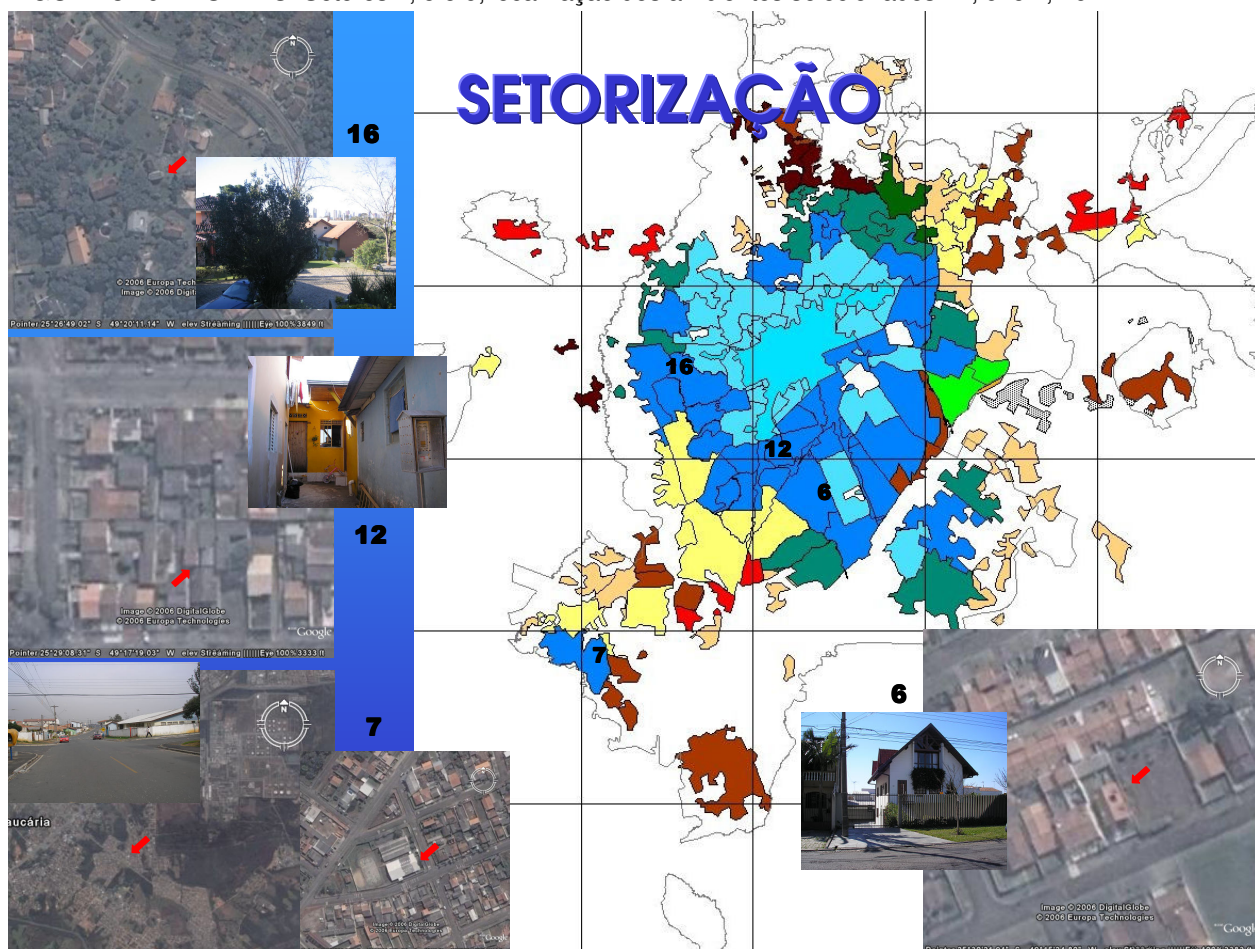


Fonte: imagens de satélite do site *Google Earth*; e fotos da autora

Santa Felicidade, bairro de colonização italiana à Oeste do centro urbano, possui residências de alto padrão. A residência monitorada reflete o padrão de urbanização do bairro, com boa cobertura vegetal e topografia movimentada. As medições foram tomadas pelos moradores e pela autora. O equipamento foi instalado em local ventilado, em um pequeno *deck* de madeira sobre a área gramada.



FIGURA 3.16 – AU-RMC: Setores 4, 5 e 6; localização dos ambientes selecionados 12, 6 e 7, 16



Fonte: imagens de satélite do *site Google Earth*; e fotos da autora

Os setores 4, 5 e 6 (em azul escuro na Fig. 3.16), correspondem a boas condições e qualidade de vida: a segunda menor taxa de pobreza (de 6,5 a 13,1%) e a maior taxa de adequação das habitações (>71,1%). Embora estas condições sociais predominem, não são homogêneas, como se observa comparando-se o local monitorado no Novo Mundo (nº 12), situado em um agrupamento de habitações menos favorecidas junto ao Setor Estrutural Sul, ao local no Campo Comprido (nº 16), em um condomínio horizontal de alto padrão à Oeste do centro urbano.

Nestes dois casos, as disparidades socioeconômicas, são acompanhadas por uma expressiva diferença de densidade urbana. A situação mediana, nestes setores 4, 5 e 6, pode ser representada pelo local em Araucária (nº 7). As características do sítio são distintas, assim como o tipo de uso do solo (Tab. 3.6 e 3.7).

FIGURA 3.17 – AU-RMC: Setor 4, Ambiente 12, Novo Mundo: aspectos da paisagem do entorno



## 12 – Curitiba-Novo Mundo



Fonte: imagens de satélite do site *Google Earth*; e fotos da autora

No Novo Mundo, a tipologia das habitações denota as diversas carências que ampliam as dificuldades dos moradores. O lote é ocupado por pelo menos quatro habitações. O solo é quase totalmente impermeabilizado, há falta de ventilação e de insolação<sup>7</sup>. Estes quarteirões talvez sejam uma exceção nas condições e qualidade de vida do setor. As medições foram tomadas por um morador, trabalhador da construção civil.

<sup>7</sup> Ressalta-se que as condições encontradas levaram à instalação do mini-abrigo meteorológico a 20 cm de distância da parede: as medições neste local devem ter sofrido a influência da inércia térmica da alvenaria.



FIGURA 3.18 – AU-RMC: Setor 5, Ambiente 6, Xaxim: aspectos da paisagem do entorno



## 6 – Curitiba-Xaxim



Fonte: imagens de satélite do *site Google Earth*; e fotos da autora

O bairro do Xaxim, de alta densidade, tem, no entanto, boas condições e qualidade de vida, como se observa pelo nível das habitações. A residência onde se instalou o equipamento possui uma área construída superior a 300,00 m<sup>2</sup>, em alvenaria, e tem bom afastamento das divisas de forma a obter isolamento e ventilação adequadas. A família que efetuou as medições se destaca pelo nível socioeconômico e, portanto, pela abundância de recursos – em contraste com a evidente vulnerabilidade social observada na família do Novo Mundo. O equipamento foi instalado sobre área gramada, entre a edificação principal e a edícula, em local ventilado.



FIGURA 3.19 – AU-RMC: Setor 5, Ambiente 7, Araucária: aspectos da paisagem do entorno



## 7 - Araucária



Fonte: imagens de satélite do site *Google Earth*; e fotos da autora

Localizada no município de Araucária, a Escola Terezinha Teobaldi se encontra em área bastante urbanizada e de boas condições e qualidade de vida. O equipamento foi instalado nos domínios da instituição, mas em local isolado das atividades escolares, em área gramada e ventilada. No entorno, as habitações de um a dois pavimentos são bem construídas, em alvenaria ou em madeira e com afastamento das divisas variável. As medições foram tomadas pelo diretor da escola e, quando fora do horário de aulas, pelo vigilante.



FIGURA 3.20 – AU-RMC: Setor 6, Ambiente 16, Campo Comprido: aspectos da paisagem do entorno



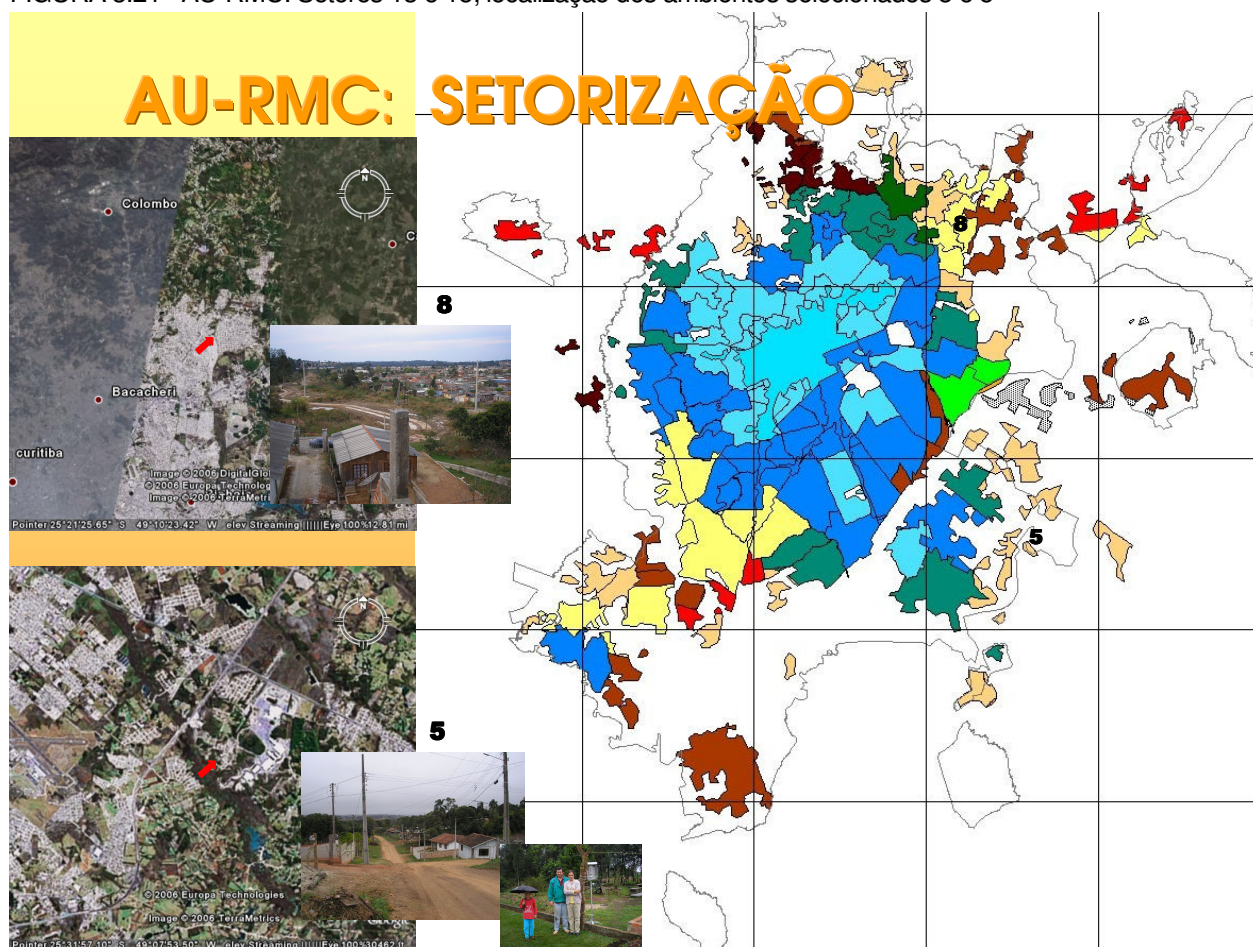
## 16 – Curitiba-Campo Comprido



Fonte: imagens de satélite do site *Google Earth*; e fotos da autora

Situado no bairro do Campo Comprido, o Condomínio Residencial Vista Verde foi idealizado e implantado pelo casal de moradores que efetuou as medições, fato indicador das condições e da qualidade de vida dos condôminos. Observa-se a baixa densidade urbana, densa cobertura vegetal, topografia variada, a vista e a localização privilegiada no AU-RMC. Porém, num raio mais amplo a partir do condomínio, há condições menos favoráveis. O equipamento foi instalado sobre área gramada e ventilada.

FIGURA 3.21– AU-RMC: Setores 13 e 15; localização dos ambientes selecionados 8 e 5



Fonte: imagens de satélite do *site Google Earth*; e fotos da autora

Os setores 13 e 15, ambos situados em área urbana não adensada e de alta taxa de pobreza (de 13,1 a 20%), se diferenciam pela adequação das habitações. O setor 13, onde se situa o ambiente avaliado em Colombo, possui em geral, boa taxa de adequação das habitações (de 54,5 a 71,1%), enquanto o setor 15, onde se encontra o ambiente de São José dos Pinhais, baixa taxa de adequação das habitações (de 30 a 54,5%).

As características predominantes numa área de maiores dimensões nem sempre se refletem fielmente nos ambientes onde se consegue avaliar, uma vez que há necessidade de colaboração dos moradores. Neste caso, as duas residências monitoradas nos dois locais apresentaram as mesmas condições simples, dotadas de infra-estrutura básica.

Os dois locais se distinguem principalmente pela tipologia das habitações, pela densidade de ocupação e pelas características naturais do sítio (Tab. 3.6 e 3.7).



FIGURA 3.22 – AU-RMC: Setor 13, Ambiente 8, Colombo: aspectos da paisagem do entorno



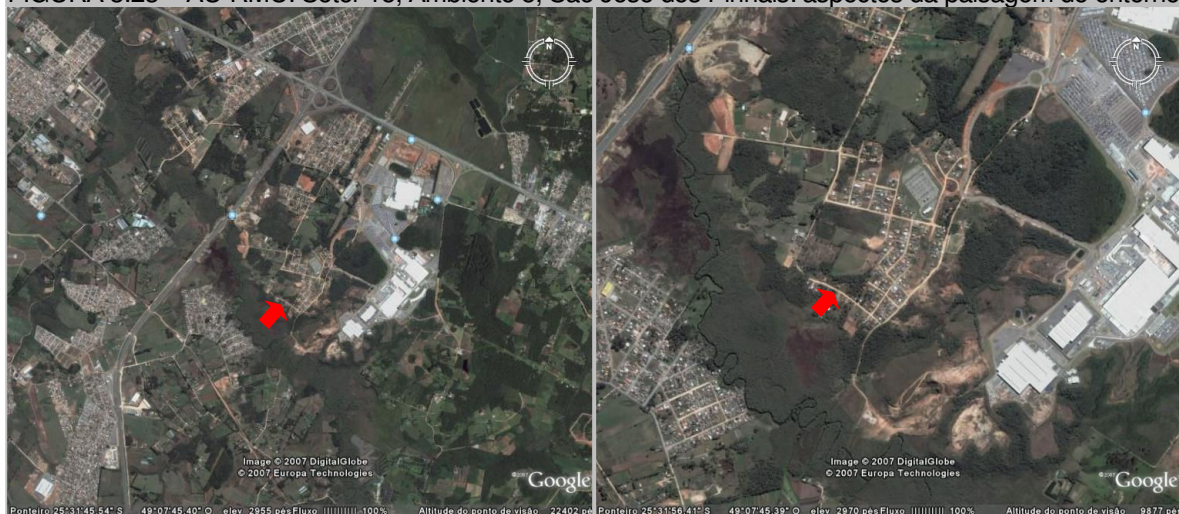
8 – Colombo

Fonte: imagens de satélite do site *Google Earth*; e fotos da autora

No ambiente em Colombo, as habitações são extremamente simples embora dotadas de infra-estrutura básica e o nível de renda dos moradores seja muito baixo. Mesmo assim, há uma enorme diferença em relação à favela do outro lado do rio, já situada em outro setor. O equipamento foi instalado em área gramada e bem ventilada.



FIGURA 3.23 – AU-RMC: Setor 15, Ambiente 5, São José dos Pinhais: aspectos da paisagem do entorno



## 5 - São José dos Pinhais



Fonte: imagens de satélite do *site Google Earth*; e fotos da autora

Situada em área de ocupação recente nas imediações da fábrica da Renault em São José dos Pinhais, a habitação em que se efetuou a coleta de dados é simples, em alvenaria com chapisco, mas com infra-estrutura básica. O chefe de família é funcionário da empresa. No entorno, as habitações denotam uma sensível queda das condições sociais à medida que se aproximam do rio. As características naturais e urbanas indicam a probabilidade de temperaturas baixas. O equipamento foi instalado em local gramado e bem ventilado.



FIGURA 3.24 – AU-RMC: Setor 21; localização dos ambientes selecionados 1, 2, 3, 9



Fonte: imagens de satélite do site *Google Earth*; e fotos da autora

O setor 21 tem características sociais desfavoráveis – a mais alta taxa de pobreza (>20%) e uma taxa de adequação das habitações entre 30 e 54,5%. O uso do solo é do tipo “área urbana não adensada”, embora se possa observar uma densidade significativa e a alta taxa de impermeabilização do solo no bairro do Cajuru, em contraposição às áreas mais vegetadas e de baixa densidade em Fazenda Rio Grande.

O Cajuru, como área de invasão e de risco de inundações, é considerado de alta vulnerabilidade socioambiental (DESCHAMPS, 2004; ZANELLA, 2006).

O município de Fazenda Rio Grande é conhecido por seu crescimento populacional acelerado nas últimas duas décadas, bem como pelo alto índice de criminalidade (COMEC, 1999). Os três estudantes de nível secundário que efetuaram as medições em suas casas apresentam um padrão socioeconômico acima da média do município.



FIGURA 3.25 – AU-RMC: Setor 21, Ambiente 1, Fazenda Rio Grande: aspectos da paisagem do entorno



### 1- Fazenda Rio Grande



Fonte: imagens de satélite do site *Google Earth*; e fotos da autora

O ambiente em Fazenda Rio Grande – Santarém-Nações situa-se em fundo de vale e entre dois loteamentos: um dos anos 80, já consolidado, outro dos anos 90, com diversas carências. O equipamento foi instalado sobre a grama, em local bem ventilado.



FIGURA 3.26 – AU-RMC: Setor 21, Ambiente 2, Fazenda Rio Grande: aspectos da paisagem do entorno



## 2 – Fazenda Rio Grande-Gralha Azul



Fonte: imagens de satélite do site *Google Earth*; e fotos da autora

O ambiente em Fazenda Rio Grande – Gralha Azul, se situa em um loteamento dos anos 70, um dos mais antigos do município e conta com boa infra-estrutura. O equipamento foi instalado sobre a grama, em local bem ventilado.



FIGURA 3.27 – AU-RMC: Setor 21, Ambiente 3, Fazenda Rio Grande: aspectos da paisagem do entorno



### 3 – Fazenda Rio Grande-Jardim Veneza

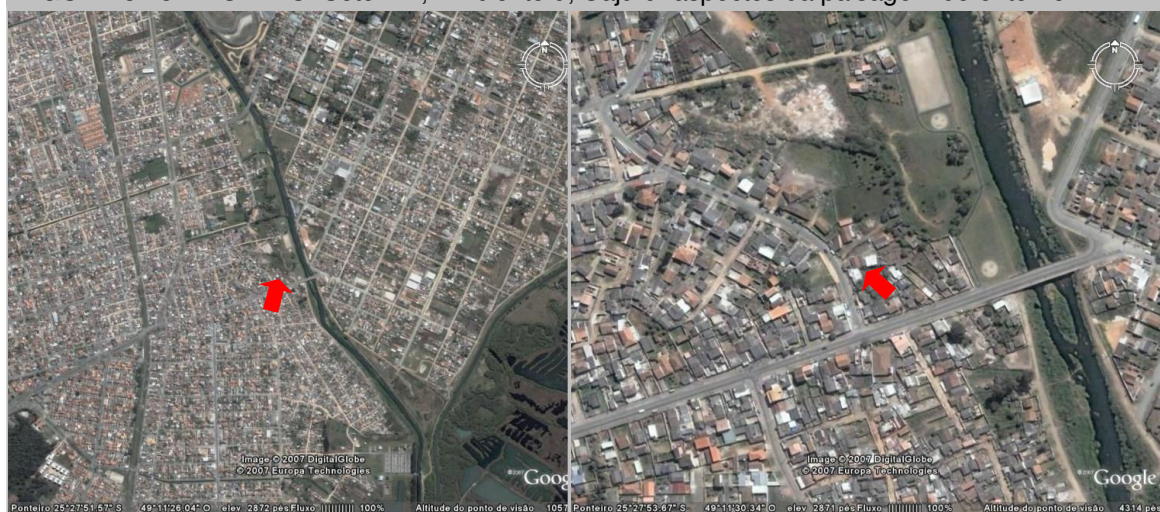


Fonte: imagens de satélite do *site Google Earth*; e fotos da autora

O ambiente em Fazenda Rio Grande – Jardim Veneza, em loteamento da década de 1980, situa-se no Sul do município e próximo à área rural. O equipamento foi instalado sobre a grama, em local bem ventilado.



FIGURA 3.28 – AU-RMC: Setor 21, Ambiente 9, Cajuru: aspectos da paisagem do entorno



9 – Curitiba-Cajuru

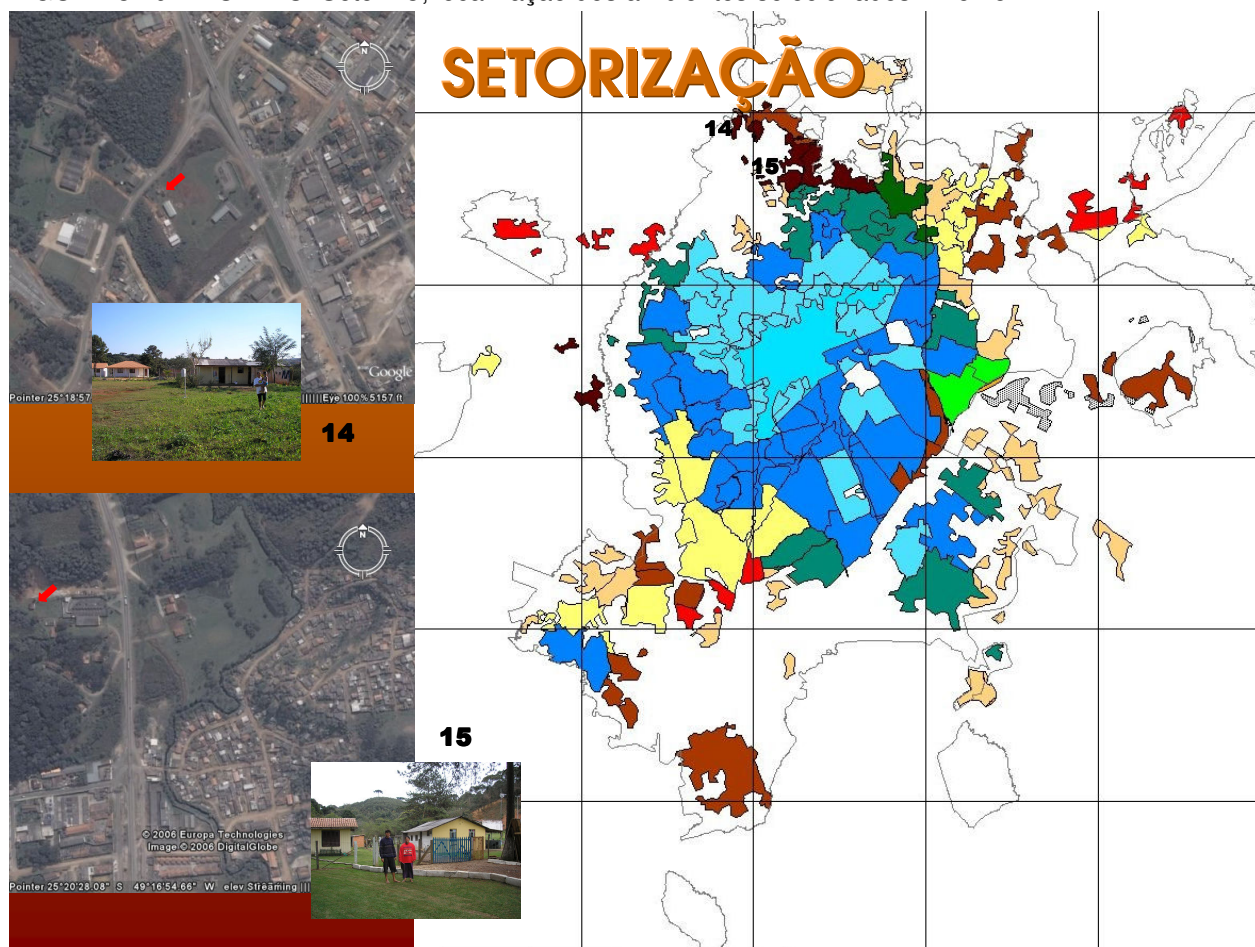


Fonte: imagens de satélite do site Google Earth; e fotos da autora

O ambiente avaliado no Cajuru situa-se em área bastante urbanizada em fundo de vale e com risco de inundações. O trabalho voluntário de alfabetização de adultos realizado na Associação dos Moradores por Atilde Turra há 12 anos é freqüentado por diversas senhoras carentes. Apesar da simplicidade e de já ter sido atingida por inundações, a residência do presidente da Associação é dotada de certa infra-estrutura e as medições foram tomadas pelos seus netos, com o equipamento instalado sobre piso cimentado, em local ventilado.



FIGURA 3.29 – AU-RMC: Setor 23; localização dos ambientes selecionados 14 e 15



Fonte: imagens de satélite do *site* Google Earth; e fotos da autora

Situado no extremo Norte, o município de Almirante Tamandaré se caracteriza pelas mais desfavoráveis características sociais do AU-RMC – a mais alta taxa de pobreza (>20%) e a mais baixa taxa de adequação das habitações (< 30%), sobretudo no setor 23. O uso do solo predominante é do tipo “área urbana não adensada”.

Os dois locais monitorados situam-se na margem Oeste da rodovia PR-092, um na entrada da cidade de Almirante Tamandaré (nº 14), outro a meio caminho entre Curitiba e Almirante Tamandaré, na comunidade Docas, de origem religiosa, que presta assistência à comunidade carente do entorno (nº 15). Embora os dois locais se situem em local de maiores altitudes em relação ao AU-RMC, se diferenciam pelas outras características naturais e pelas urbanas (Tab. 3.6 e 3.7).

FIGURA 3.30 – AU-RMC: Setor 23, Ambiente 14, Almirante Tamandaré: aspectos da paisagem do entorno



## 14 – Almirante Tamandaré



Fonte: imagens de satélite do *site Google Earth*; e fotos da autora

O ambiente avaliado se situa próximo à entrada de Almirante Tamandaré, nos domínios de uma indústria em implantação. O casal de zeladores efetuou as medições, com o equipamento instalado sobre a grama, em local aberto e bem ventilado. No entorno, um grande número de habitações pobres, que não conta com rede de esgoto, o lança diretamente no rio. Do outro lado da rodovia, onde se encontra a prefeitura, a tipologia das habitações denota uma relativa melhora das condições sociais.



FIGURA 3.31 – AU-RMC: Setor 23, Ambiente 15, Almirante Tamandaré-Dorcas: aspectos da paisagem do entorno



### 15 – Almirante Tamandaré-Dorcas



Fonte: imagens de satélite do site *Google Earth*; e fotos da autora

O local monitorado na comunidade Dorcas não reflete as baixíssimas condições e qualidade de vida da área, nem o baixo padrão das moradias da favela no entorno próximo. Contudo, representa as condições climáticas da paisagem local devido às características do sítio e ao grau de urbanização. A fotografia aérea mostra o ponto de monitoramento, que não pode ser situado junto à favela do outro lado da rodovia PR-092, mas foi instalado no terreno da instituição religiosa Dorcas, próxima a comunidade carente, e que lhe presta assistência. O equipamento foi instalado sobre grama e pedrisco, em local aberto e ventilado.

### **3.4 A DINÂMICA ATMOSFÉRICA E A CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA LOCAL**

A Análise Temporal se desenvolveu a partir da caracterização geral do clima nas escalas de maior amplitude, de forma a situar a descrição das condições atmosféricas na cidade e sua relação com as condições climáticas do lugar na área urbana e aos pontos específicos para aferir a noção de qualidade ambiental.

A caracterização das condições climáticas do AU-RMC se fundamenta na organização seqüencial do clima a partir das instâncias superiores às inferiores na escala espaço-tempo, na concepção dinâmica do clima elaborada por Sorre em 1943, bem como nos seus aspectos geográficos. São, ainda, consideradas as influências das ações humanas, como o desmatamento e a urbanização, detalhadas no Capítulo 4.

A articulação das escalas do clima aos objetivos e aos procedimentos adotados na pesquisa, foi elaborada com base nas propostas de sistematização taxonômica do clima de Monteiro (2003) e de Mendonça e Danni-Oliveira (2007):

- no âmbito do Zonal e do Regional, elaborou-se a caracterização geral do clima a partir da documentação bibliográfica e imagens sinóticas;
- nas escalas Regional, Local e do Topoclima, visou-se identificar o clima urbano e o intra-urbano e sua relação com o sítio e a urbanização, mediante a documentação cartográfica geral regional e local (Análise Espacial), os dados produzidos por estações e postos meteorológicas que operam na área do AU-RMC e emprego de imagens de satélite; e
- no Topoclima e no Microclima, visou-se identificar os fatores de maior relevância na formação do clima intra-urbano e investigar a relação do conforto térmico às condições de vida, por meio da avaliação dos dados climáticos obtidos em campo em locais distintos na mancha urbana.

#### **3.4.1 A Inserção do Clima Local no Âmbito Regional**

Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 83), o estudo dos climas da Terra, anteriormente realizado apenas mediante procedimentos estatísticos, desconsiderava a troca de influências entre regiões que decorre do deslocamento do ar – os aspectos dinâmicos da atmosfera, fundamentais na compreensão de sua complexidade. Gerados pela distribuição desigual da energia solar sobre a superfície terrestre, os

diversos campos de pressão ou centros de ação interagem e originam a circulação geral da atmosfera na escala macroclimática, que resulta na movimentação das massas de ar e das frentes a elas relacionadas, as quais determinam as zonas climáticas e definem os tipos de tempos dos lugares.

As massas de ar têm influência direta sobre o tempo e o clima nas áreas em que predominam. Conforme Hare<sup>8</sup> (1953, apud AYOADE, 2003, p. 99) uma massa de ar é “um grande corpo de ar horizontal e homogêneo deslocando-se como uma entidade reconhecível e tendo tanto origem tropical quanto polar”. Embora inicialmente possuam as características térmicas e higrométricas homogêneas de seus locais de origem, as massas de ar modificam-se durante seu deslocamento, influenciadas pela natureza da superfície sobre a qual se movem, pelas quantidades de radiação e umidade que recebem, bem como pelo resfriamento e aquecimento adiabáticos que ocorrem no seu interior.

Quando, ao se deslocarem, duas massas de ar de características distintas se encontram, podem gerar depressões frontais de tempo instável e chuvoso. Para Ayoade (2003, p. 99): “as frentes são zonas-limite que separam massas de ar de propriedades diferentes”, fenômenos que consistem em uma superfície de descontinuidades abruptas de temperatura, umidade, pressão e velocidade do vento no interior da atmosfera e caracterizam os climas das regiões subtropicais e temperadas.

De acordo com Danni-Oliveira (1999, p. 235), “as frentes estão associadas à nebulosidade e chuvas, porque ao longo de seu eixo o ar é forçado a ascender; em decorrência, ele resfria-se e promove a condensação do vapor, gerando as nuvens”. A evolução da frente (fria ou quente), depende do domínio de uma massa de ar sobre a outra. A massa de ar mais densa, de maior pressão, avançará em direção à massa menos densa, de menor pressão, gerando uma frente – processo denominado de frontogênese, enquanto sua dissipação, de frontólise.

Apenas quatro dos sete centros de ação<sup>9</sup> que controlam as dinâmicas atmosféricas da América do Sul, ao interagirem com os fatores geográficos, atuam mais diretamente na formação dos tipos de tempo do Brasil Meridional, por meio da

---

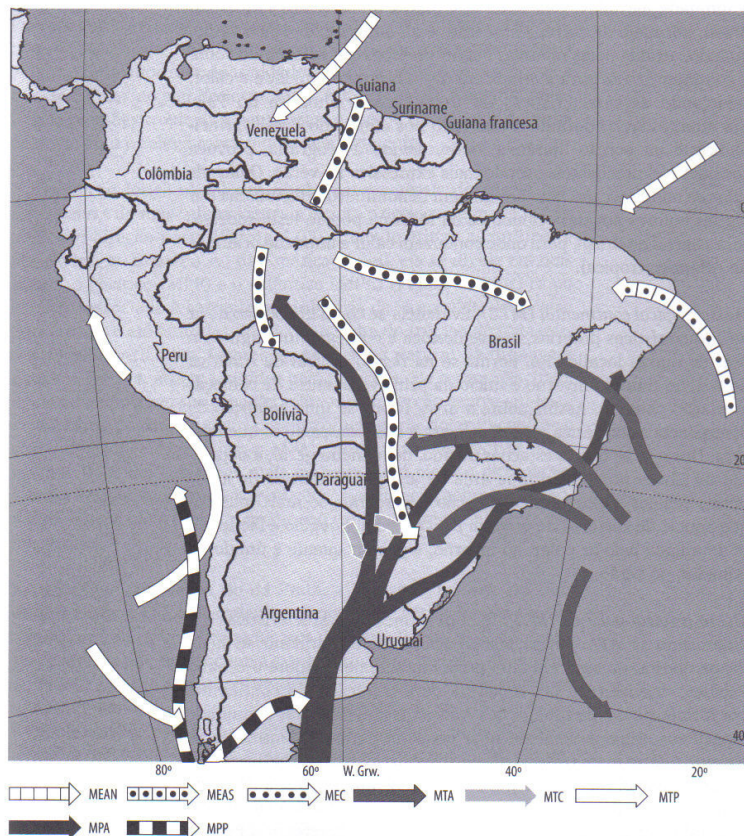
<sup>8</sup> HARE, F.K. The restless atmosphere. 8. ed., London: Hutchinson, 1953.

<sup>9</sup> A circulação e as dinâmicas atmosféricas da América do Sul, são controladas pela ação conjugada de sete centros de ação que interagem entre si ao longo do ano. Cinco centros de ação são positivos: a) Anticiclone dos Açores; b) Anticiclone da Amazônia ou Doldrums; c) Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul; d) Anticiclone Semifixo do Pacífico; e, e) Anticiclone Migratório Polar. Os centros de ação negativos, são: a) Depressão do Chaco; e, b) Depressão dos 60º de Latitude Sul (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 96-99).



atuação de seus respectivos sistemas atmosféricos, conforme a síntese a seguir, com base em Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 96-112) (Fig. 3.32):

FIGURA 3.32 – Principais Massas de Ar que atuam na América do Sul



Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira, 2007; com base em Monteiro, 1968; 1973

**Anticiclone Migratório Polar**, forma-se no Atlântico, ao extremo Sul do continente sul-americano. Este centro de alta pressão gera a **Massa Polar Atlântica** – **MPa**, que origina a **Frente Polar Atlântica** – **Fpa**, fria e úmida, a qual regula as chuvas da região pois promove a instabilidade do ar. A MPa, vinda do Atlântico na latitude da Patagônia, é constituída, de início, de ar muito seco, frio e estável; porém, migrando pelo litoral ou pelo corredor de planícies interiores sobre o Planalto Brasileiro, é atraída até o Equador, absorvendo em seu trajeto o calor e a umidade do mar. Tem atividade constante durante o ano todo, porém é mais expressiva no inverno, quando pode chegar até a Amazônia, provocando a redução das temperaturas em grande parte do país, no fenômeno conhecido por “friagem”.

**Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul** decorre do movimento subsidente do ar na faixa das altas pressões subtropicais à cerca de 30° S de latitude e se desloca no sentido Leste-Oeste, aproximando-se e afastando-se do continente conforme é

atraído pelo campo de baixas pressões no inverno e no verão. A influência do anticiclone semifixo do Atlântico abrange os climas de grande parte do país, incluindo aqueles do Brasil Meridional, principalmente no verão. Este centro de ação gera, nas proximidades das ilhas de Santa Helena no Atlântico Tropical, a **Massa Tropical Atlântica – MTa** que, portanto, é quente, úmida e tende à estabilidade. Atingindo o interior de continente, essa massa de ar atua constantemente durante o ano, mas com maior intensidade no verão, provocando as chamadas “ondas de calor de Nordeste e de Leste”. Domina a Região Sul com frequência e é uma das principais massas de ar na definição dos tipos de tempo no Brasil.

**O Anticiclone da Amazônia ou Doldrums** se forma sobre a região de maior extensão do continente entre os dois oceanos. Atua como um centro de baixa pressão, atraindo o ar úmido de Nordeste proveniente do oceano Atlântico e, simultaneamente, como “centro produtor e exportador de massa de ar [...], sobretudo durante o verão austral, quando o centro de ação atinge latitudes bem mais altas” (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 99). *Doldrum* se refere à predominância da circulação convectiva do ar na região da Zona Convectiva Intertropical e à falta de movimento do ar junto à superfície. A partir deste centro de ação e formada pelo ar quente e úmido da Planície Amazônica, a **Massa Equatorial Continental – MEc** atua o ano inteiro, e no verão austral, é atraída pelos sistemas depressionários do interior do continente e tende a avançar em direção à Região Sul, provocando no Paraná, forte aquecimento e chuvas intensas.

**A Depressão do Chaco**, situado na região central da América do Sul, é um centro de baixas pressões de origem térmica que se acentua no verão com a elevação das temperaturas do continente, atraindo o ar quente e úmido do anticiclone semifixo do Atlântico, nesta época próximo ao continente, e o centro de ação da Amazônia, que se desloca em direção ao Sul. No inverno a situação se inverte: a depressão do Chaco passa a atrair o anticiclone migratório polar que se dirige ao Norte, facilitando a propagação do ar polar trazido pela Frente Polar Atlântica, conduzida pelo relevo até as baixas latitudes sul-americanas. Originada na Depressão do Chaco, a **Massa Tropical Continental – MTc** se caracteriza como quente e seca, sendo mais ativa no verão, devido à subsidência superior na área da Depressão do Chaco sob a atuação da frente da massa Polar Atlântica (DANNI-OLIVEIRA, 1999, p. 235). Nas outras épocas do ano, esta região atrai as massas de ar de outras regiões, sendo, assim, facilmente dominada pelo ar polar no inverno e pelo ar quente e úmido do Equador, no verão.

A MTa tem um importante papel na formação dos tipos climáticos do Brasil Meridional, porém, há grande influência da MPa na determinação dos climas da área, uma vez que esta se relaciona à Frente Polar Atlântica, resultante do encontro entre as massas intertropicais e polares, a qual controla a circulação do ar e o “encadeamento da sucessão dos estados atmosféricos”. A FPa influencia fortemente o regime pluvial durante todo o ano (MENDONÇA, 1995, p. 101).

Os sistemas atmosféricos intertropicais (MTa, MEc e MTc) atuam sobre o aquecimento dos climas da região do Brasil Meridional em forma de *Ondas de Calor*, enquanto o extratropical (MPa) sobre o seu resfriamento, em *Ondas de Frio*, repercutindo em todo o país. A atuação da MTa ocorre também ao longo do ano, sob forma de *Ondas Moderadas de E-NE*, com sua abrangência condicionada ao deslocamento do seu centro gerador conforme a estação do ano, apresentando-se mais estável no inverno e mais instável no verão (MENDONÇA, 1995; DANNI-OLIVEIRA, 2000).

A partir da análise das características da atmosfera, da distribuição da temperatura e da pluviosidade associada às condições geográficas e das dinâmicas das massas de ar observadas no país, Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p.150-182), apresentam cinco macrotipos climáticos para o território brasileiro<sup>10</sup> e seus subtipos principais. O Brasil Meridional é caracterizado pelo domínio Clima Subtropical Úmido, que se subdivide em (a) com inverno fresco a frio e (b) com inverno frio.

De acordo com Mendonça (2001b, p. 110-111), as condições climáticas que individualizam o clima da Região Sul: a regularidade da distribuição anual da pluviometria, entre 1.200 a 2.000 mm e as baixas temperaturas de inverno, se formam devido à interação entre a sua posição geográfica, o seu relevo e os sistemas atmosféricos tropicais e polares que sobre ela atuam. Em contraposição, quanto às temperaturas, a região apresenta significativa variabilidade espacial e temporal: no inverno as médias mensais oscilam entre 10º e 15ºC, sendo com frequência registradas temperaturas absolutas negativas, sobretudo em localidades elevadas onde chega a nevar; e, no verão as médias mensais variam de 26º a 30ºC, atingindo os 40ºC ao Norte da região, nos locais de menor altitude e nos vales.

---

<sup>10</sup> Os cinco grandes domínios climáticos brasileiros na classificação de Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 150), são: 1) clima equatorial; 2) clima tropical equatorial; 3) clima tropical litorâneo do Nordeste oriental, 4) clima tropical úmido-seco ou tropical do Brasil Central; e 5) clima subtropical úmido. Cada um destes macrotipos climáticos e os subtipos que os compõem são detalhados pelos autores.

O Estado do Paraná, constituído de grandes extensões de superfícies de planalto, situadas entre 300 e 900m de altitude, caracteriza-se por um clima de transição: o clima tropical que domina o Planalto Paulista ao Norte e o clima mesotérmico sempre úmido ou subtropical predominante na Região Sul do país.

As condições climáticas do Leste do Estado se destacam no quadro climático regional por seus menores índices térmicos e Curitiba se apresenta como formadora de uma ilha de frescor em relação ao entorno nos meses de verão (outubro a março), com temperaturas, em geral, entre 17° e 20°C – ou seja, de 4K a 5K mais baixas (MENDONÇA, 2001b, p. 129). A crença popular de que “Curitiba é a capital mais fria do Brasil” é corroborada por pesquisadores nos campos tanto da climatologia como do conforto térmico (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; LAMBERTS et al., 1997). Também conforme a Norma de Desempenho Térmico de Edificações (ABNT NBR 15220-3, 2005), Curitiba se situa na Zona Bioclimática 1, a mais fria entre as oito Zonas definidas pelo Zoneamento Bioclimático Brasileiro – que corresponde a 0,8% do território nacional.

Contudo, analisando dados do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), Mendonça (2001b, p.131) afirma que a tropicalidade do clima se evidencia nas médias de temperaturas elevadas entre os meses de novembro e março (próximas aos 20°C) e nas altas temperaturas máximas absolutas que podem atingir 37,8°C como em novembro de 1977. O inverno, porém, apresenta temperaturas bastante baixas para os padrões tropicais, com temperaturas médias de 13°C no mês de junho e julho. De acordo com o autor, de modo geral, Curitiba pode ser considerada uma cidade úmida e fria, com grande amplitude térmica diária e anual e tempo freqüentemente instável, apresentado a ocorrência de vários tipos de tempo num só dia. A amplitude média anual de temperatura é de 16 K, embora tenha alcançado 40 K<sup>11</sup> em relação à variação da temperatura absoluta no período de 1961-1991.

Na classificação genética de Monteiro em 1968 (apud MENDONÇA 2001b, p.129): “o clima de Curitiba: pertence ao grupo C – Mesotérmicos Controlados por Massas de Ar Tropicais e Polares, denominado CW – Tropical de Altitude com Inverno Seco e Chuvas de Verão, sendo do tipo Cfb com verão fresco”. Também atuam, com menor participação na formação do clima local, MTc e MEc.

---

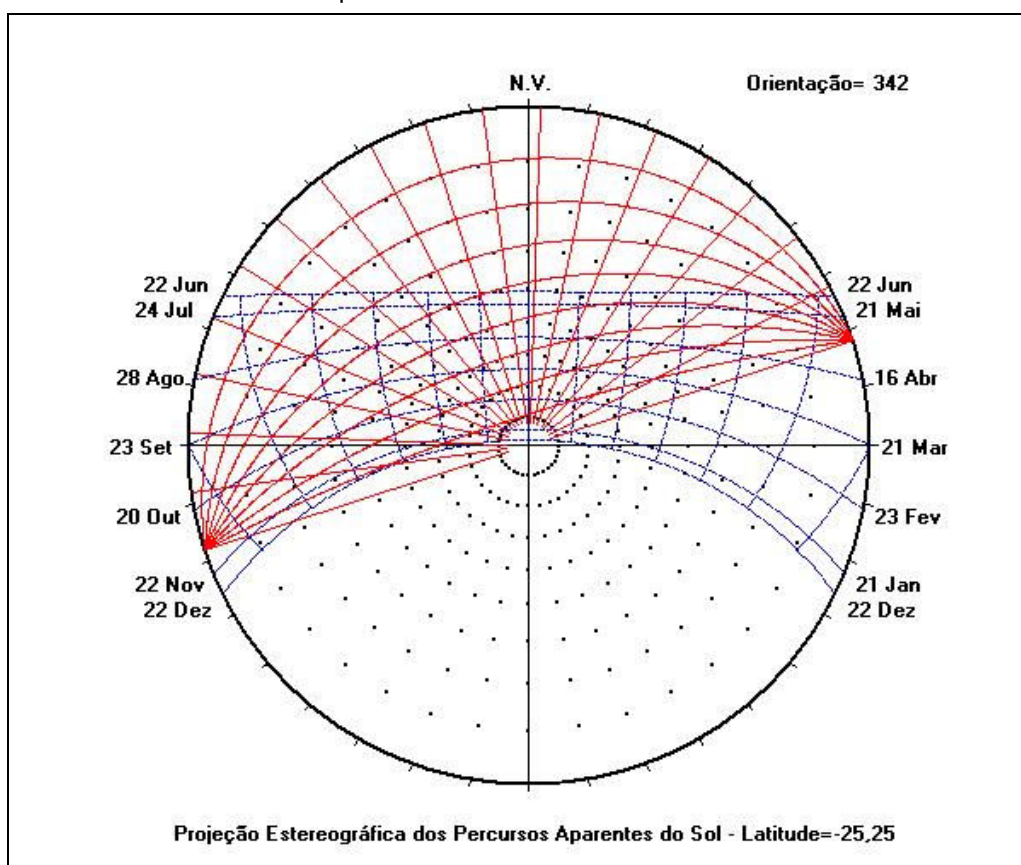
<sup>11</sup> Como as temperaturas absolutas chegaram à -5,2 em 06/06/78 e, no outro extremo, a 35,2°C em 16/11/85, a amplitude térmica alcançou 40 K em relação à variação da temperatura absoluta considerando-se o período de 1961-1991.

### 3.4.2 Os Fatores Determinantes do Clima Local

Curitiba se situa a altitude média de 934 metros acima do nível do mar, sobre o setor de colinas sedimentares do Planalto de Curitiba, localizado na borda oriental do Primeiro Planalto Paranaense e tem por referência as coordenadas do paralelo de  $25^{\circ}25'48''\text{S}$  e do meridiano de  $49^{\circ}16'15''\text{WGr}$  (DANNI-OLIVEIRA, 2000, p. 120; 138).

A latitude define a intensidade da radiação solar que um dado lugar recebe, e a quantidade de energia recebida em forma de radiação influencia diretamente a variabilidade da temperatura do ar ao longo do dia e do ano (DANNI-OLIVEIRA, 1999, p. 230). Assim, as temperaturas mais altas do dia ocorrem, em geral, logo após o horário em que o Sol está mais perto do zênite e as mais baixas temperaturas, antes do nascer do Sol, devido à falta de energia solar disponível para o aquecimento do ar (Fig. 3.33).

FIGURA 3.33 – Carta Solar para Curitiba - ano 2006



Fonte: software Luz do Sol, Roriz, 1995

Ao longo do ano, as temperaturas se elevam à medida que se aproxima o solstício de verão (dia 22 de dezembro), quando o Sol está mais próximo e o ângulo da altura solar é mais alto; enquanto no período mais frio, próximo ao solstício de inverno (22 de junho), o Sol incide de forma mais inclinada e está mais distante da área em questão.

As diferenças na incidência da radiação solar no inverno e no verão se ampliam no planeta conforme aumentam as latitudes e são acompanhadas pelas diferenças de temperatura.

A trajetória aparente do Sol durante o ano resulta, para Curitiba, em uma quantidade de energia solar disponível nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) que varia entre 100 a 96,5% enquanto nos meses de inverno (junho, julho e agosto), somente de 65 a 76,5% (DANNI-OLIVEIRA, 1999, p. 230).

Desta forma, em Curitiba, o efeito da latitude é compensado pelos dias mais longos no verão, equilibrando a radiação solar recebida – o que explica, em parte, a “tropicalidade do clima” evidenciada por Mendonça (2001b), enquanto “no inverno os dias mais curtos reduzem a carga térmica do Sol e acentuam os efeitos da localização na temperatura do ar. A altitude, a nebulosidade e as condições atmosféricas também têm grande influência sobre a insolação local” (BONGESTABS 1983, p. 7).

A situação topográfica de Curitiba lhe confere temperaturas mais baixas que outras cidades de latitude semelhante mas de menor altitude, devido ao gradiente térmico vertical (DANNI-OLIVEIRA, 1999, p. 230).

As massas de ar são condicionantes importantes do clima da cidade, pois a topografia favorece a livre circulação dos ventos, principalmente os provenientes do quadrante Norte (NW, N, NE), que são os mais freqüentes no inverno (45% de ocorrência), seguidos dos procedentes dos quadrantes Leste (34%), Oeste (28%) e Sul (14%), segundo Danni-Oliveira (1999).

Segundo Monteiro (apud FILL et al., 1999), como consequência da atuação das massas de ar MTa, MPa e MEc, desenvolvem-se no decorrer do ano, em ritmo variável, três situações climáticas distintas na região de Curitiba:

- de outubro a março, predomina a MTa. Devido ao deslocamento da massa tropical em direção à massa polar, formam-se frentes quentes que se deslocam em direção ao Sul, trazendo instabilidade e umidade;

- de abril a setembro, o avanço da MPa em direção Norte ora ocasiona tempo bom com pouca nebulosidade, madrugadas frias e secas, ora provoca frentes frias com instabilidades e chuvas intensas e de longa duração, responsáveis pelas grandes cheias nas bacias hidrográficas, devido ao avanço da massa de ar polar sobre a tropical; e
- durante o verão, em dias de intenso calor, ocorrem chuvas de origem convectiva, intensas e de curta duração, provocando enchentes em pequenas bacias hidrográficas.

A interação entre o conjunto de fatores geográficos e dinâmicos, somados às influências da ação humana sobretudo mediante a urbanização, compõe as características climáticas locais. A Tabela 3.8 apresenta a temperatura média do ar conforme as Normais Climatológicas, para o período de 1961 a 2000 em Curitiba:

TABELA 3.8 – Curitiba (PR): Temperatura do Ar – Normais Climatológicas do Brasil, 1961-2000

	<b>Média Compensada (°C)</b>		<b>Média das Máximas (°C)</b>		<b>Média das Mínimas (°C)</b>		<b>Absoluta (°C)</b>
	Anual 16,5	Mensal	Anual 22,7	Mensal	Anual 12,3	Mensal	
Máxima		19,9 Fevereiro		25,8 Janeiro		16,3 Fevereiro	35,2 16/11/85
Mínima		12,2 Junho		18,3 Junho		8,1 Junho/Julho	-5,2 06/06/78

Fonte: extraído de Mendonça e Danni-Oliveira, 2007

Para Lamberts et al. (1997), as Normais Climatológicas, dados climáticos mais difundidos no país, publicadas pelo INMET, são compostas por valores médios e extremos e não refletem a variabilidade diária do tempo meteorológico. Como alternativa, o Ano Climático de Referência (TRY – *Test Reference Year*) é definido por procedimentos estatísticos considerando-se os dados de um período mínimo de 10 anos consecutivos, eliminando-se sucessivamente os anos que apresentam variações “atípicas”, restando no final, o Ano Climático de Referência, considerado a base mais precisa para subsidiar intervenções de projeto visando o conforto térmico.

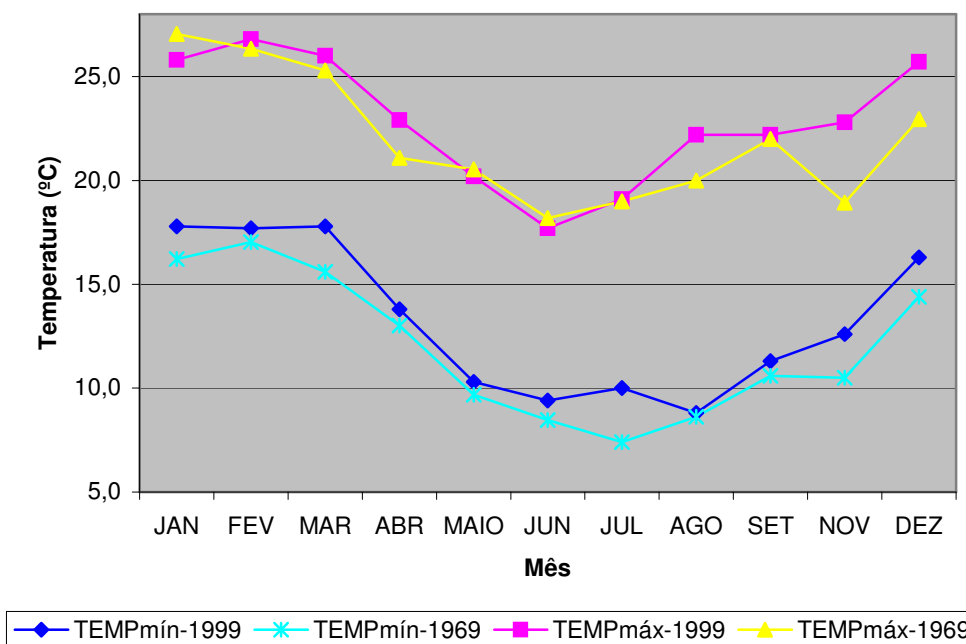
O TRY para Curitiba, determinado por Goulart et al. (1998) mediante a metodologia ASHRAE a partir de dados coletados de 1961 a 1970 no aeroporto Afonso Pena, apresentou: a temperatura média anual de 16,6°C. As temperaturas médias nos meses mais frios, de maio a agosto, variam de 12,6° a 14,3°C e, nos



meses mais quentes, de dezembro a março, de 19° a 20,2°C; a amplitude térmica diária média anual de 10,5 K, com a amplitude máxima diária de 25,7 K (em agosto) e mínima de 0,5 K (em setembro); a umidade relativa média de 85%; e a velocidade média anual dos ventos é de 3,2 m/s, predominantes do Leste em todo o ano.

Rossi e Krüger (2003) atualizaram o TRY para Curitiba com base nos dados de 1998 a 2002 cedidos pelo SIMEPAR. A Figura 3.34 compara o TRY-1969 ao TRY-1999, evidenciando um aumento da temperatura de 0,6°C em 30 anos em Curitiba, indicando a participação da urbanização e das atividades antropogênicas no incremento da temperatura local. O gráfico apresenta, ainda, o padrão das médias mensais das temperaturas em um ano típico do clima local.

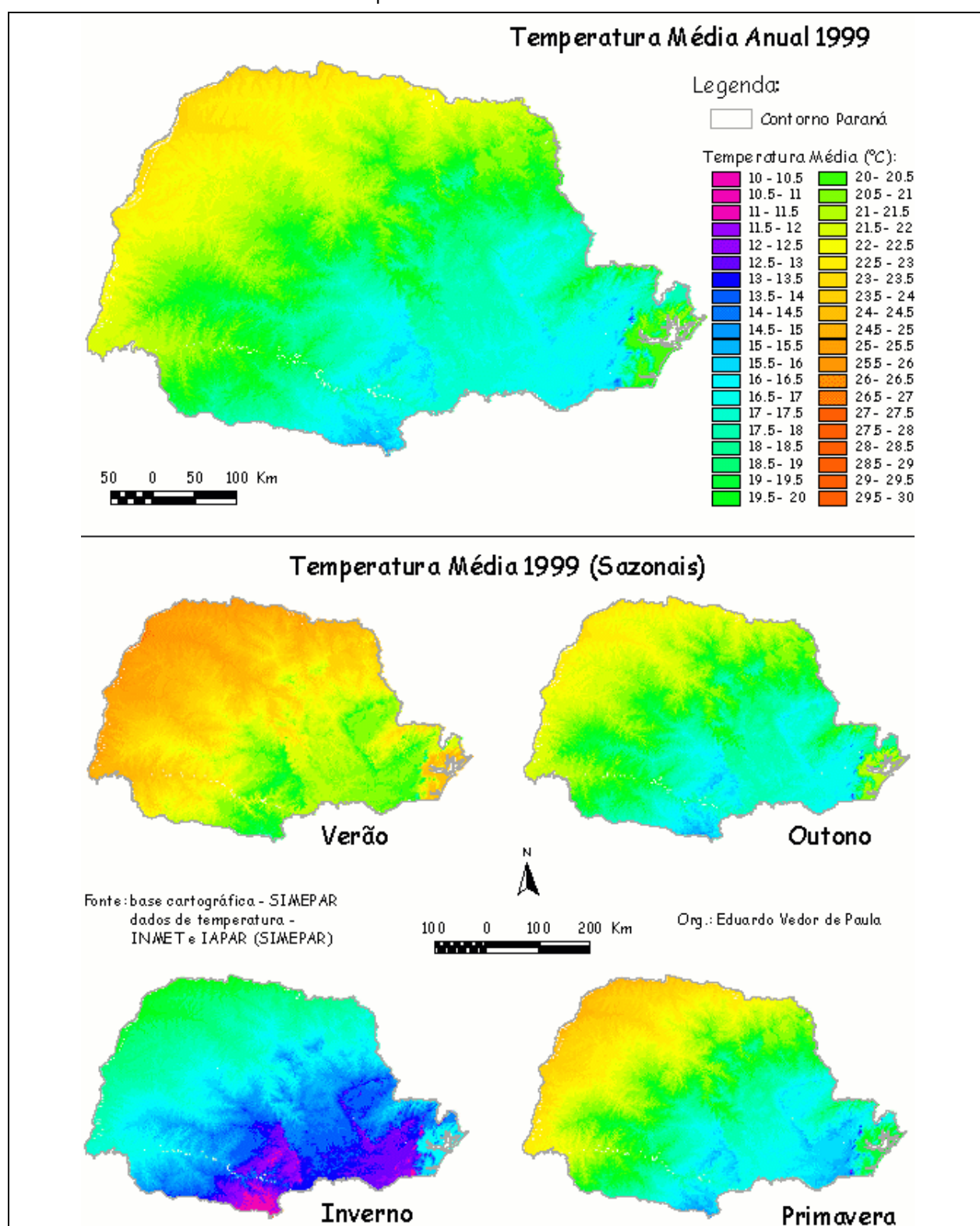
FIGURA 3.34 – Curitiba: comparação entre as Médias das Temperaturas Máximas e Mínimas dos anos de 1969 e 1999



Fonte: Rossi e Krüger, 2003

Paula (2005), ao analisar o clima do Paraná entre 1995 a 2003, utilizando os dados do INMET e IAPAR/ SIMEPAR também caracterizou 1999 como um ano típico em relação às temperaturas observadas, se comparadas aos valores médios históricos. A Figura 3.35 traz a espacialização das temperaturas elaborada pelo referido autor.

FIGURA 3.35 – Estado do Paraná: Temperatura Média Anual e Sazonal – 1999



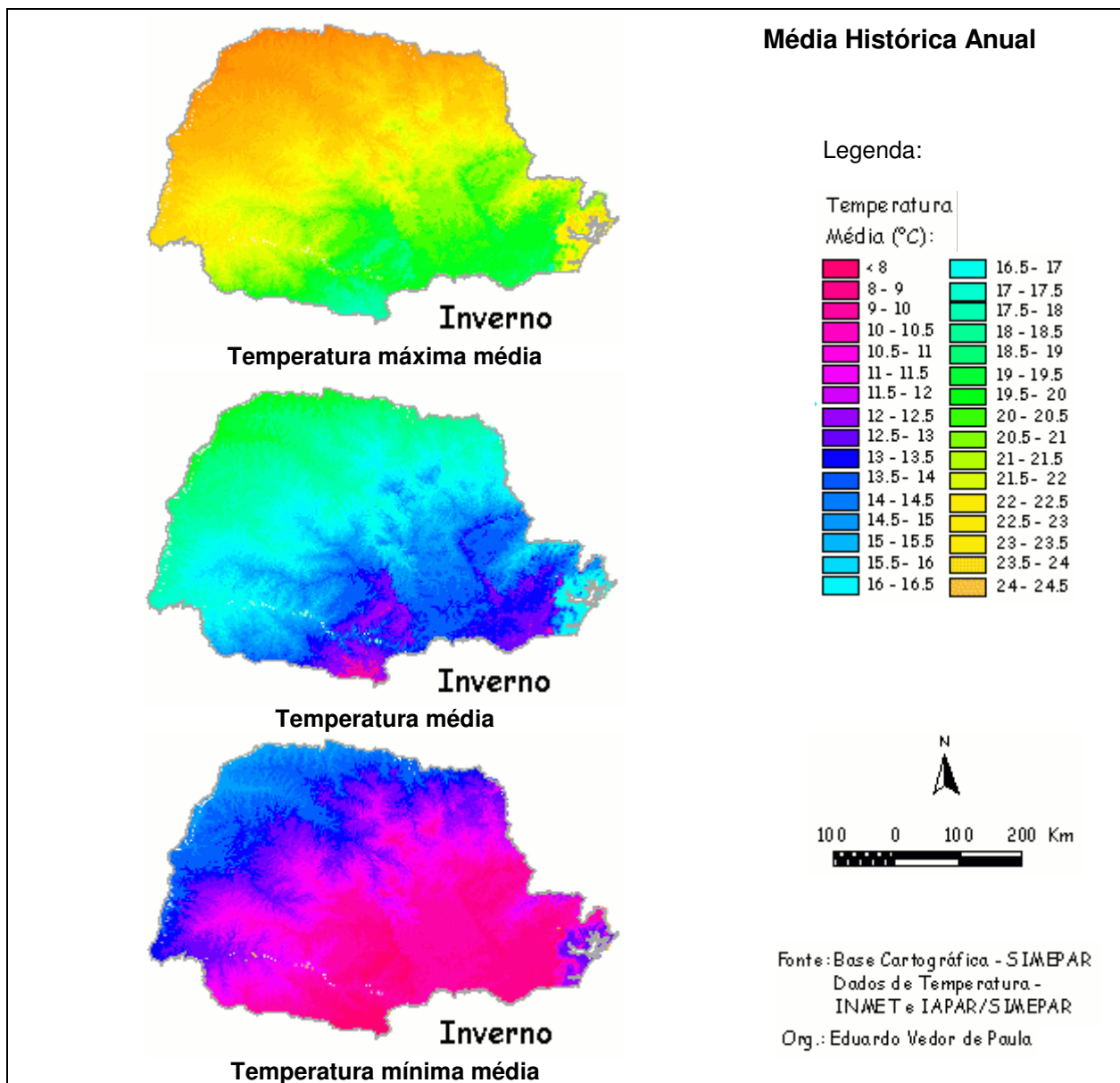
Fonte: Paula, 2005

### 3.4.3 O Inverno Local: Características Climáticas e Situações Atmosféricas Típicas

O inverno local é consensualmente considerado o período em que ocorrem as situações de maior desconforto térmico no AU-RMC.

A Figura 3.36, mostra a espacialização das temperaturas para o inverno paranaense, elaborada por Paula (2005), mediante a utilização dos valores médios mensais das temperaturas máximas, médias e mínimas observadas em cada estação meteorológica, considerando-se a média histórica de 1973-2002.

FIGURA 3.36 – Estado do Paraná: Temperatura Máxima Média de Inverno, Temperatura Média de Inverno e Temperatura Mínima Média de Inverno (Média Histórica Anual 1973-2002)



Fonte: Paula, 2005

O inverno transcorre no Paraná com ampla variação espacial: as mais altas temperaturas de inverno ocorrem ao Norte e Oeste e na faixa litorânea, aonde, no verão, as máximas médias chegam a ultrapassar os 31°C. As temperaturas mais baixas, encontram-se no centro e no Sul do estado, particularmente nas áreas de maior altitude, onde as mínimas médias atingem 8°C (PAULA, 2005). Em Curitiba e na RMC, os nevoeiros são freqüentes nas manhãs de inverno. As frentes frias que passam pelo estado são normalmente seguidas por massas de ar frias, gerando expressivas quedas nas temperaturas por um ou dois dias. Nesta estação, ocorre a formação de geadas no estado, com maior incidência nas áreas mais altas (SIMEPAR, 2006).

No Paraná, os meses de julho e agosto apresentam as menores taxas de pluviosidade do ano. Geralmente com trovoadas e ventos moderados, as chuvas seguem a trajetória típica das frentes frias, deslocando-se no estado no sentido Sudoeste-Nordeste. Em setembro, altera-se o regime de chuvas, que penetram preferencialmente nas primeiras horas do dia no território do Paraná a partir da Região Centro-Oeste do Brasil, onde se desenvolvem áreas de instabilidade (SIMEPAR, 2006).

No inverno, os sistemas atmosféricos que controlam o tempo e imprimem o ritmo climático à Região Sul, são principalmente as massas de ar Polar Atlântica e Tropical Atlântica e as frentes que resultam do seu encontro. As baixas temperaturas da estação no Hemisfério Sul intensificam a atividade do Anticiclone Migratório Polar e favorecem o deslocamento da MPa com maior velocidade e maior poder de resfriamento. Este desempenho é reforçado no caso de acentuada frontogênese na Frente Polar Pacífica, a qual, em oposição da massa de ar Tropical Pacífica, permite que a massa de ar Polar Pacífica extravase por sobre os Andes Meridionais e se associe a MPa (DANNI-OLIVEIRA, 2000, p. 113). A MTa, nesta época limitada à porção Este do continente, é forçada a recuar pelo avanço da massa de ar Polar Atlântica, provocando a frontogênese da FPa que, ao avançar, traz nebulosidade, chuvas e precede a chegada de uma massa de ar fria, com queda das temperaturas do ar, céu limpo e geada.

Danni-Oliveira (2000) com base em Monteiro, descreve o “ciclo de sucessão habitual dos estados atmosféricos” que representa a dinâmica climática típica de inverno sul-brasileiro, quando, ao maior domínio da massa de ar Polar Atlântica, alternam-se as massas de ar Polar Tropicalizada, Tropical Atlântica e pseudo Tropical Continental, entremeadas pelas frentes Polar Atlântica e Polar Reversa, ora em frontogênese, ora em frontólise. Estes sistemas atmosféricos se deslocam em direções e seqüências que obedecem a leis determinadas, compondo o “ciclo vital de uma onda de frio”.

## **4 O CLIMA URBANO E INTRA-URBANO NO AU-RMC**

Os efeitos das ações humanas no clima se evidenciam na formação de ilhas de calor urbanas, possíveis de se identificar por meio de diversos meios e técnicas, como observações empíricas, medições *in situ*, dados oficiais de estações meteorológicas e imagens termais obtidas a partir de imagens de satélites, tratados mais adiante.

Procede-se a seguir a uma análise prévia da existência de ilha de calor no AU-RMC, baseada nas verificações realizadas por Krüger e Dumke (2006; 2007), fundamentas em Arnfield (2003), utilizando dados climáticos coletados em duas estações meteorológicas, de responsabilidade do Instituto Meteorológico do Paraná (SIMEPAR). Os resultados obtidos são então complementados com alguns aspectos constatados por diversos pesquisadores do clima curitibano, no sentido de balizar a análise do clima do AU-RMC no nível intra-urbano, no Item subsequente.

### **4.1 A PRODUÇÃO DO CLIMA URBANO**

Consideram-se as já mencionadas características sub-regionais: no AU-RMC predomina o tipo climático subtropical úmido e apresenta um clima urbano-regional específico, com temperaturas, em geral, mais baixas que em seu entorno, devido ao efeito do relevo e à dinâmica atmosférica. A temperatura média mensal é em torno dos 20°C no verão e no inverno as temperaturas atingem valores negativos e a média mensal se situa em torno dos 13°C. A cidade tem boa umidade o ano todo e pluviosidade geralmente superior a 1.300 mm. Destaca-se ainda a variabilidade diária e anual do clima (MENDONÇA 2001b; MENDONÇA e DUBREUIL, 2005).

A evolução do Aglomerado Urbano (descrita no Capítulo 2), resultou no crescimento acelerado da cidade pólo, manifestando-se em sua verticalização, espraiamento e conurbação com as cidades dos municípios vizinhos e atingindo uma área de 1.051,31 km<sup>2</sup>, com cerca de 2.300.000 habitantes. O município de Curitiba é 100% urbanizado, concentrando mais de 1.750.000 habitantes em uma área de 430,00 km<sup>2</sup> (COMEC, 2006).

#### 4.1.1 Estudo Preliminar quanto à Ilha de Calor Curitibana

Como forma de investigar os efeitos do Aglomerado Urbano no clima local, realizou-se uma série de verificações a fim de averiguar a existência de uma ilha de calor na cidade. Os dados, coletados simultaneamente nas Estações Meteorológicas de Curitiba e em Pinhais, foram adquiridos junto ao Instituto Meteorológico SIMEPAR, órgão responsável pela medição das condições climáticas do município de Curitiba.

Os dados são contínuos e horários, obtidos por meio de equipamentos padronizados nas estações e se referem ao monitoramento das condições climáticas relativas à: pressão atmosférica [hPa], radiação solar [ $W/m^2$ ], temperatura do ar [ $^{\circ}C$ ] e umidade relativa [%], precipitação [mm], velocidade e direção do vento [m/s; graus], velocidade e direção de rajada [m/s; graus], abrangendo o ano de 2004. Estes dados foram transferidos para Excel, onde foram tabelados e, em seguida, foram gerados gráficos demonstrativos de ambas estações levantadas. As informações obtidas se referem às médias ou totais diários de cada uma das variáveis climáticas citadas.

Com base nesses dados, foi feita uma série de verificações e análises a respeito das generalizações propostas por Oke e outros, apresentadas por Arnfield (2003), acerca de estudos realizados na área de clima urbano, quanto à intensidade da ilha de calor (IC) em núcleos urbanos.

A análise dos dados das estações meteorológicas foi complementada por meio da comparação entre as duas estações quanto às suas diferenças locais: altitude, latitude e longitude. Foram consideradas as especificidades de cada sítio onde estão inseridas por meio de levantamentos realizados *in situ*, de fotos aéreas e fotos dos locais, da observação e da descrição das estações meteorológicas e das especificações de seus equipamentos (Apêndice B).

As Estações Meteorológicas analisadas situam-se no AU-RMC, uma em sítio urbano, no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná em Curitiba – UFPR (Código: 25264916); e outra em sítio periurbano, em uma Fazenda da UFPR, no município de Pinhais-PR (Código: 25254905).

TABELA 4.1 – Comparação da localização das estações meteorológicas urbana e rural

Estação	Pinhais-PR	Curitiba-UFPR
Sítio	periurbano	Urbano
Altitude	930m	934m
Latitude	25°25'S	25°26'S
Longitude	49°08'W	49°16'W

#### 4.1.2 Averiguação dos Atributos da Ilha de Calor

Foram testadas as generalizações propostas por diversos autores, apresentadas por Arnfield (2003), em uma extensa revisão realizada acerca de estudos realizados entre 1980 e 2000 na área de clima urbano, quanto à intensidade da ilha de calor (IC) em áreas urbanas, considerando as diferenças encontradas entre temperatura do ar local dentro e fora de Curitiba. São elas:

- a) a intensidade da IC decresce com o aumento da velocidade de vento;
- b) a intensidade da IC decresce com o aumento da nebulosidade;
- c) a intensidade da IC é mais intensa no período noturno;
- d) a intensidade da IC tende a aumentar com mais frequência no verão ou nos períodos mais quentes do ano;
- e) a IC pode desaparecer durante o dia ou a cidade pode ser mais fria que a área rural;
- f) taxas de aquecimento e resfriamento são maiores em áreas rurais que na cidade.

Empregando a base de dados do ano de 2004, que engloba as variáveis: temperatura média diária do ar, umidade relativa do ar, média diária das temperaturas máximas e média diária das temperaturas mínimas do ar, média diária da radiação solar global, média diária da pressão atmosférica, média diária da precipitação, velocidade média diária do vento e velocidade média diária da rajada, para as estações do SIMEPAR em Pinhais e em Curitiba (Campus Politécnico da UFPR), procedeu-se às comparações entre as temperaturas do ar de ambos os sítios, relativamente a algumas das variáveis citadas. Anteriormente às comparações, identificou-se a existência de dados inconsistentes, eliminando-se os dias em que esses eram presentes ou, igualmente, quando havia falta de dados de alguma variável.

Para a verificação da primeira assertiva (a intensidade da IC decresce com aumento da velocidade de vento), comparou-se a série de dados das diferenças entre temperaturas mínimas diárias do ar entre Pinhais e Curitiba-UFPR com valores de velocidade de vento para a estação de Pinhais (rural)<sup>1</sup>, para os diversos dias do ano.

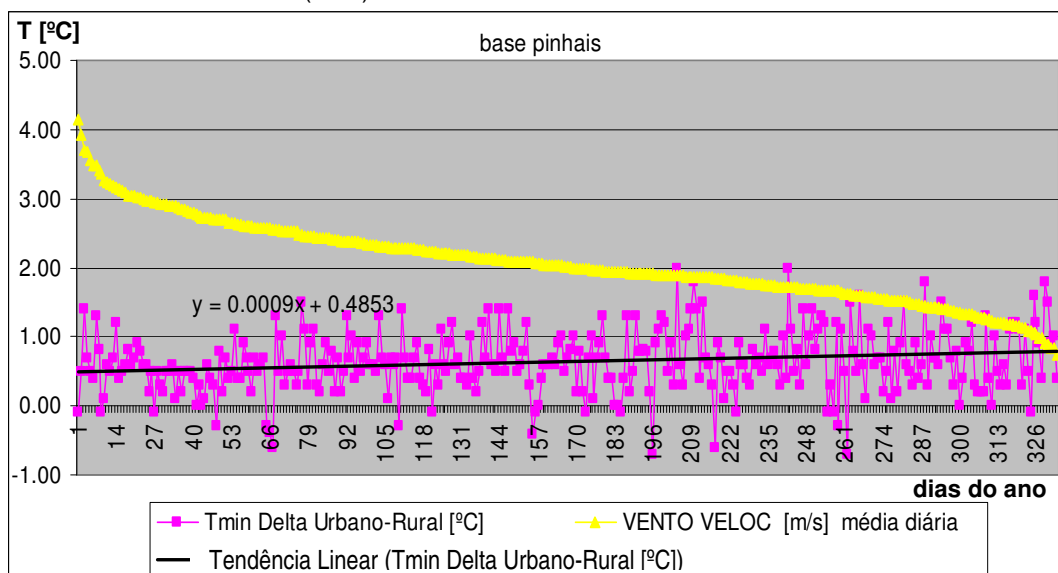
---

<sup>1</sup> Foram utilizadas as duas estações (rural e urbana) para efeito de comparação com as diferenças de temperatura urbano-rural, as quais apresentaram resultados similares, portanto utilizou-se a Estação de Pinhais (rural).



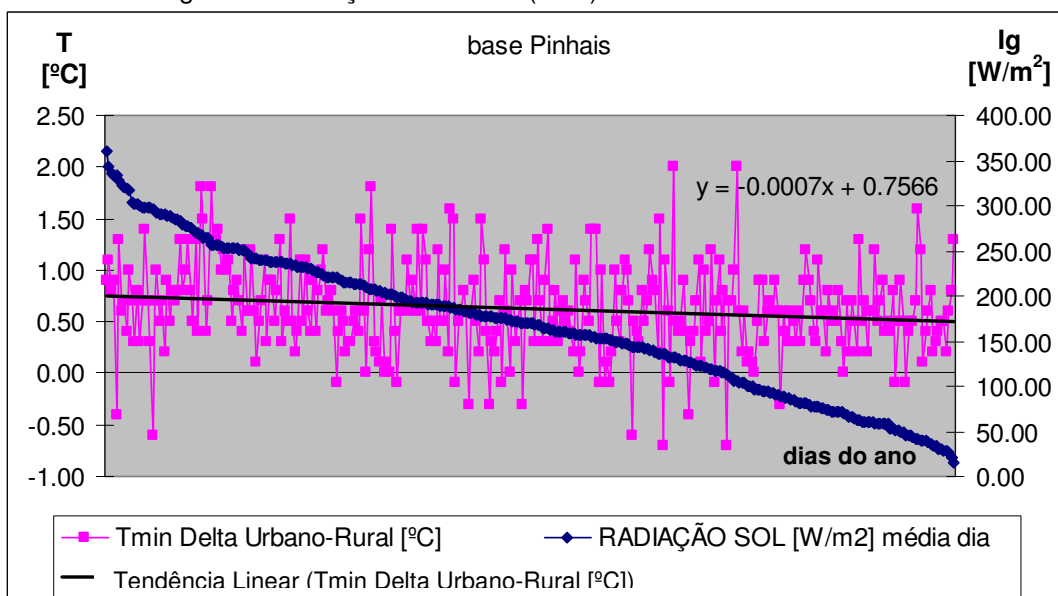
Ordenou-se os dados de velocidade de vento gerando-se o gráfico. O gráfico resultante apresentou tendência linear, de caráter ligeiramente ascendente, confirmando a hipótese.

FIGURA 4.1 – Diferenças entre temperaturas urbano-rural e velocidade do vento na estação de Pinhais (rural)



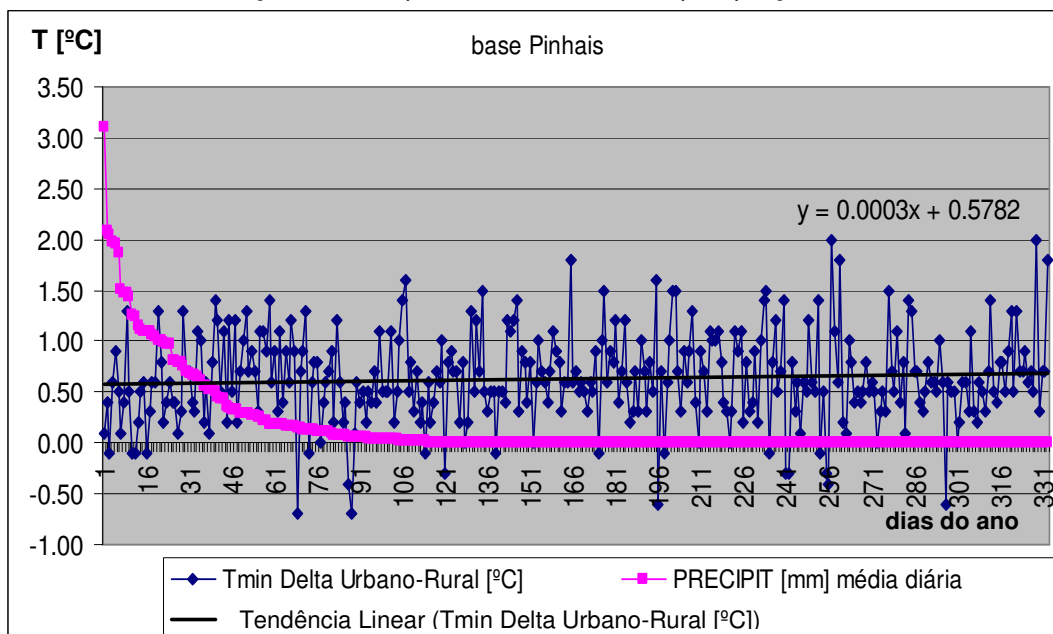
Para a segunda verificação (a intensidade da IC decresce com aumento da nebulosidade), relacionou-se às diferenças entre mínimas diárias entre Pinhais e Curitiba-UFPR as médias diárias da radiação solar global para a estação de Pinhais (rural), como possível indicador de nebulosidade, agregando-se ainda a análise da precipitação média diária para Pinhais. As Figuras 4.2 e 4.3 apresentam esses resultados.

FIGURA 4.2 – Diferenças entre temperaturas urbano-rural e média diária da radiação solar global na estação de Pinhais (rural)



Verificou-se que, quanto maior a quantidade de radiação verificada no dia (podendo isso significar menor grau de nebulosidade), maiores as diferenças encontradas entre condição urbana e rural, conforme esperado. Observe-se, no entanto, que a quantidade diária de radiação não é um claro indicador de nebulosidade, quando se trata de uma série anual em latitude subtropical, estando esta mais relacionada à época do ano. A relação entre as diferenças entre mínimas diárias entre Pinhais e Curitiba-UFPR e a precipitação média diária para Pinhais também mostra resultados de acordo com o esperado: com o aumento da quantidade de chuva (fator diretamente relacionado a uma maior nebulosidade média diária), verifica-se menores diferenças entre temperatura do ar urbana e rural.

FIGURA 4.3 – Diferenças entre temperaturas urbano-rural e precipitação média diária - Pinhais (rural)



Para a verificação da terceira assertiva (a intensidade da IC é mais intensa no período noturno), verificou-se que as diferenças entre as mínimas diárias (período noturno) são mais marcantes que entre máximas diárias (período diurno), apresentando essas últimas com mais frequência valores negativos (ilha de frescor), o que comprova a assertiva 5 (a IC pode desaparecer durante o dia ou a cidade pode ser mais fria que a área rural) (Fig. 4.4).

A partir das duas séries de diferenças urbano-rural, gerou-se a Tabela com média e desvio padrão (Tab. 4.2), onde se confirma o observado no gráfico. Não apenas a diferença é maior para o período noturno, mas o desvio padrão mostra que a variação a partir da média apresenta valores positivos, o que não ocorre no período diurno.

FIGURA 4.4 – Diferenças entre as temperaturas do ar mínimas e máximas urbano-rural

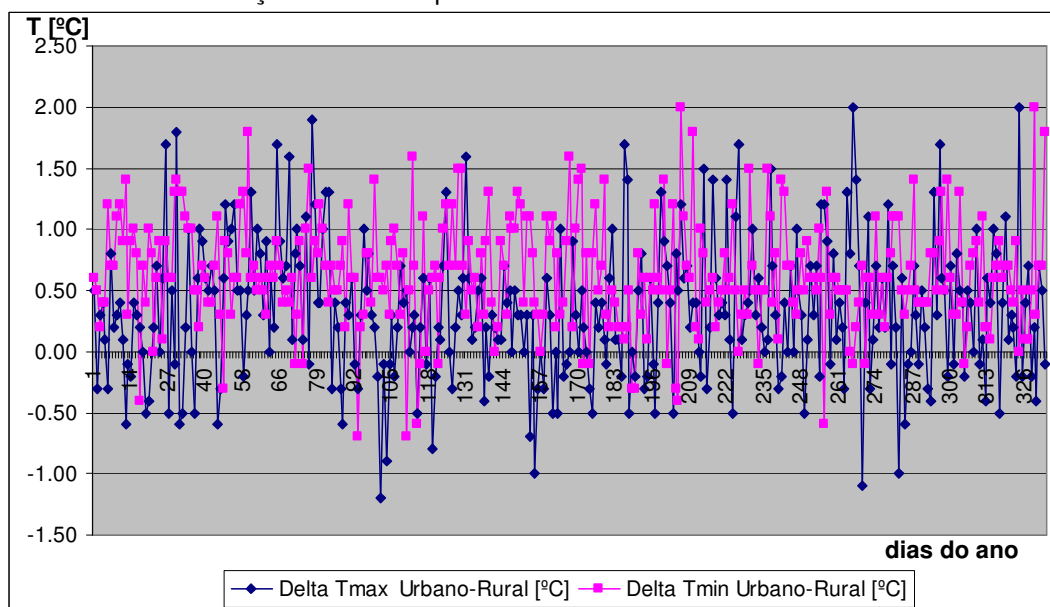
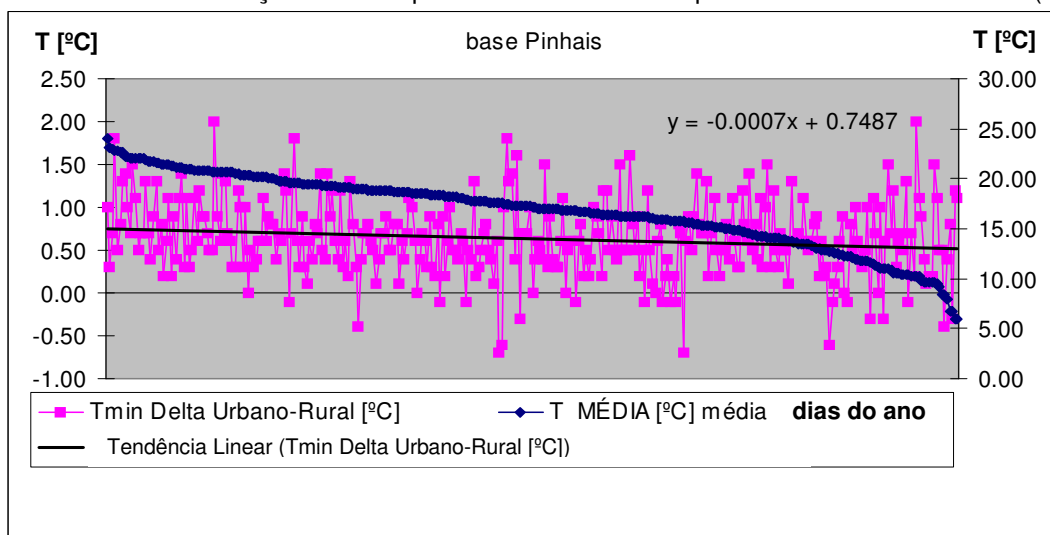


TABELA 4.2 – Média e desvio padrão das diferenças entre Temperaturas do Ar Mínimas e Máximas urbano-rural [°C]

	$\Delta T_{\max}$ (Urbano-Rural)	$\Delta T_{\min}$ (Urbano-Rural)
média	0.34	0.63
dp	0.57	0.45

A quarta assertiva (a intensidade da IC tende a se desenvolver com mais frequência no verão ou nos períodos mais quentes do ano) foi verificada de duas formas: 1) relacionou-se médias diárias às diferenças entre mínimas diárias entre Pinhais e Curitiba-UFPR (Fig. 4.5 e 4.6) quantificou-se as médias das diferenças entre máximas e mínimas diárias (urbano-rural) para os períodos de inverno e de verão, compreendidos entre solstício e equinócio (Tab. 4.3).

FIGURA 4.5 – Diferenças entre temperaturas mínimas e temperatura média diária Pinhais (rural)



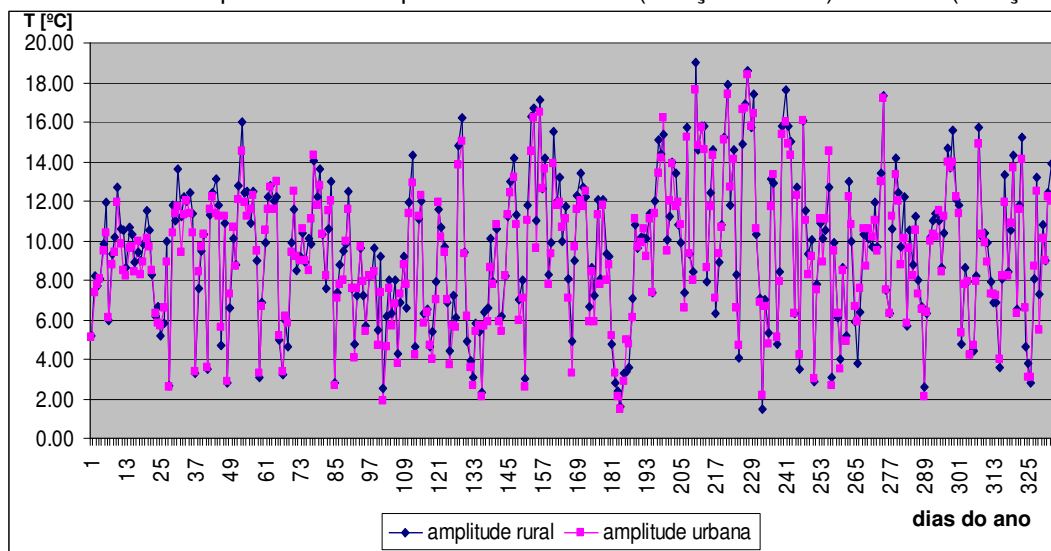
A curva obtida para as diferenças entre mínimas diárias entre Pinhais e Curitiba-UFPR mostrou uma tendência de haver valores mais altos quando as temperaturas médias do ar são mais altas, corroborando a afirmativa. No entanto, como o simples ordenamento das temperaturas médias diárias pode abarcar dias quentes em estações frias do ano, verificou-se numericamente para as estações fria e quente que a média das diferenças é mais significativa para o período mais quente, tanto para as mínimas, quanto para as máximas diárias.

TABELA 4.3 – Médias das diferenças entre Temperaturas Mínimas e Máximas urbano-rural inverno/ verão

	Tmax Delta Urbano-Rural	Tmin Delta Urbano-Rural
<b>medias inverno</b>	0.34	0.61
<b>medias verão</b>	0.40	0.68

A última assertiva (taxas de aquecimento e resfriamento são maiores em áreas rurais que na cidade) foi verificada, traçando um gráfico com as amplitudes diárias encontradas na estação urbana e na estação rural (Fig. 4.6).

FIGURA 4.6 – Amplitudes diárias para Curitiba-UFPR (estação urbana) - Pinhais (estação rural)



Posteriormente, quantificou-se a amplitude diária média anual e desvio padrão correspondente (Tab. 4.4).

TABELA 4.4 – Médias e desvio padrão das amplitudes entre Temperaturas do Ar Mínimas e Máximas Diárias para estação urbana e rural [K]

	amplitude rural	amplitude urbana
<b>média</b>	9.54	9.25
<b>dp</b>	3.66	3.49

Apesar do gráfico não sugerir claramente uma tendência de maior resfriamento ou aquecimento na estação rural, a Tabela mostra que a estação rural apresenta uma média da amplitude diária mais alta que na estação urbana, com uma variação em torno desta média superior a de Curitiba-UFPR.

As verificações realizadas para as diferenças de temperatura do ar encontradas entre uma estação rural e outra situada próxima a um meio urbano em Curitiba servem como ferramentas iniciais para compreender o fenômeno da ilha de calor de Curitiba. Observa-se quanto aos dados levantados: (a) A estação caracterizada como urbana, mesmo próxima à região mais central da cidade, apresenta espaços abertos e arborizados, o que pode ter reduzido o impacto da urbanização nas diferenças de temperatura do ar encontradas. Como os equipamentos utilizados seguem normativas do SIMEPAR e apresentam as mesmas características, é inegável haver uma diferença entre as duas estações e que essa se relaciona à urbanização; e, (b) As verificações foram feitas a partir de dados diários, devendo ser refeitas com mais rigor para dados horários, o que poderá proporcionar maior segurança às afirmativas.

Em uma primeira aproximação, os resultados apontam para a existência de uma ilha de calor na região central da cidade com diferenças em termos da temperatura do ar entre a situação “urbana” e a rural de 2K (mínimas diárias). De modo geral, os resultados indicaram tendências no comportamento das variáveis medidas em ambas as estações, que se adequam aos resultados de estudos realizados em clima urbano, apontados em Arnfield (2003).

Em Curitiba, porém, não se configura a priori apenas uma única ilha de calor, como a proposta por Oke (1978), dadas as suas dimensões e a heterogeneidade das características naturais e construídas do Aglomerado Urbano, o qual mescla diferentes graus de densidade urbana, estruturada por eixos e entremeada de áreas verdes. Danni-Oliveira (2000), constatou a formação da ilha de calor nesta cidade, que em geral apresenta temperaturas mais elevadas do que seu entorno rural. Deve-se ressaltar ainda que Mendonça e Dubreuil (2005), investigando o clima da RMC no ano de 2002, utilizando os dados de quatro estações meteorológicas e comparando-os aos resultados das análises por meio de imagens de satélite e análise rítmica, concluíram que o campo térmico do Aglomerado Urbano forma arquipélagos de ilhas de calor e de ilhas de frescor, embora se destaque como uma mancha mais quente e homogênea do que a área rural circunvizinha.

Alterando a variabilidade térmica, o aumento da pluviosidade no centro urbano, associado ao maior escoamento da água devido à impermeabilização, também eleva o risco de ocorrência de enchentes – que já atingem certas áreas da cidade de Curitiba, conforme estudos realizados por Deschamps (2004) e Zanella (2006).

Desta forma, as verificações de Arnfield (2003) e os estudos já realizados sobre o clima do AU-RMC corroboram as afirmações de Eliasson (2000), de que as cidades freqüentemente compreendem um mosaico de áreas com temperaturas mais elevadas e mais reduzidas conforme a variação do uso do solo urbano. As temperaturas na mancha urbana apresentam-se freqüentemente mais altas do que nas áreas rurais circunvizinhas, produzindo diferenças que podem ultrapassar os 12 K; porém, no interior da cidade as variações térmicas ocorrem principalmente entre os espaços livres e os vegetados e as áreas construídas, produzindo defasagens de temperaturas intra-urbanas em até 7°C.

Isto ocorre, por que o uso do solo é fortemente relacionado à formação do clima, pois determina o balanço de radiação das superfícies materiais que compõem a cidade. Além disso, as condições do clima urbano são afetadas pelas situações sinóticas, que interagem com as características físicas do sítio (naturais) e aquelas do construto urbano (construídas) e com o calor gerado pelas atividades humanas.

A geometria urbana que pode ser aferida pelo fator de visão de céu – *Sky View Factor* (SVF), altera o balanço de radiação e a ventilação na cidade refletindo em suas temperaturas, como se observa nos Eixos Estruturais de Curitiba.

Para Oke (1988) as propriedades térmicas dos materiais e a estrutura urbana são as causas principais da ilha de calor urbana, seguidas por fatores secundários: as fontes de calor antropogênico, poluição do ar e redução da evaporação.

A urbanização promove a diminuição das áreas vegetadas e da evapotranspiração, reduzindo assim, a capacidade de resfriamento. Além disso, os efeitos da radiação solar incidente são atenuados pela vegetação, que mesmo absorvendo-a em sua maior parte, consome energia para realizar a fotossíntese, amenizando as temperaturas. Enquanto o calor absorvido pela vegetação é devolvido à atmosfera ao longo do dia pela evapotranspiração, as superfícies construídas de concreto e asfalto armazenam e refletem o calor durante o dia e o devolvem parcialmente à atmosfera somente no final do dia. A troca de calor entre os edifícios dificulta o resfriamento do ar da cidade à noite, gerando o aporte de temperaturas.

Assim, embora Curitiba se distinga como uma mancha mais quente e homogênea do que a área rural circunvizinha, a distribuição diferenciada das áreas verdes em relação às áreas construídas se relaciona fortemente à variação espacial do clima no AU-RMC. Como já mencionado, o índice de áreas verdes divulgado pelo município é de cerca de 53 m<sup>2</sup>/hab, mas é questionável quanto aos critérios de definição e quanto à sua distribuição. Estas áreas concentram-se na porção Norte da cidade, sendo a porção Centro-Sul, carente de parques e áreas de lazer (MENDONÇA, 2002b).

Nucci et al. (2003), com base na terminologia proposta por Cavalheiro et al., em 1999 (a qual distingue espaço livre, áreas verdes e cobertura vegetal), espacializaram e quantificaram a cobertura vegetal do bairro Centro do município de Curitiba, que conta com áreas como o Passeio Público e praças vegetadas. O bairro Centro no município de Curitiba apresentou 12,56% de sua área cobertos com vegetação, perfazendo um índice de 12,70 m<sup>2</sup> de cobertura vegetal por habitante. Estes valores foram comparados aos 30% de cobertura vegetal preconizados Oke (1973 apud NUCCI et al. 2003) para um balanço térmico apropriado às cidades, sendo que os índices de arborização inferiores a 5% caracterizam um deserto. Desta forma, a distribuição desigual das áreas verdes no AU-RMC associada às características diferenciadas das paisagens intra-urbanas contribui para a variação espacial das condições climáticas.

Além destes fatores, o clima urbano sofre a influência das atividades humanas que liberam um montante adicional de calor e que se reflete na diminuição da umidade do ar. O chamado “calor antropogênico”, nas grandes cidades, assume uma ordem de grandeza comparável ao calor gerado pela radiação solar<sup>2</sup>. Desta forma, a produção artificial de calor por estas atividades (a utilização de máquinas, fornos, condicionadores de ar, o fluxo de veículos e o aumento de poluentes na atmosfera, por exemplo) imprime um ritmo semanal ao clima urbano. Neste sentido, os estudos realizados por Danni-Oliveira (2000) mediante detalhados experimentos de campo, demonstraram a relevância do fluxo de veículos na formação do clima urbano em Curitiba.

Visando um maior aprofundamento do estudo do clima urbano e um maior nível de detalhamento das diferenciações térmicas intra-urbanas, segue-se o estudo do clima do AU-RMC no âmbito da *Urban Canopy Layer (UCL)* (Oke, 1988), que representa a interação entre a atmosfera e os elementos urbanos e que compreende o espaço entre o solo e o nível médio das coberturas das edificações.

---

<sup>2</sup> No caso da grande São Paulo, o fluxo anual de calor despendido pela biomassa e pelas atividades humanas representa, no mínimo, um décimo do fluxo anual de calor proveniente da radiação solar (AZEVEDO, 2001).



## 4.2 AU-RMC: O CLIMA NO ÂMBITO DO *URBAN CANOPY LAYER*

A presente análise se insere na ordem de grandeza do clima local e urbano ao topoclima. Não obstante a dimensão do AU-RMC, esta caracterização do seu clima se realiza no âmbito do *Urban Canopy Layer*, uma vez que se restringe à área urbanizada e à distribuição horizontal da temperatura na Camada Urbana ao Nível das Coberturas. Os dados meteorológicos foram obtidos a 1,5m de altura do solo, por meio de medições em campo e de estações meteorológicas; e a temperatura da superfície, mediante a interpretação de imagem de satélite (banda termal).

Os procedimentos para cada uma das técnicas empregadas na obtenção de dados são explicados a seguir. Na seqüência, situa-se o período analisado no quadro temporal e procede-se à caracterização das condições climáticas intra-urbanas para cada dia monitorado.

### 4.2.1 A Mensuração e Representação Gráfica dos Dados

#### O Levantamento de Campo

O levantamento de dados *in situ* foi realizado nos dias 12, 18, 21 e 29 de agosto de 2006, datas escolhidas de forma a apresentarem situações de tempo distintas, com a finalidade de caracterizar o inverno de Curitiba em 2006.

Os 16 ambientes estabelecidos para a avaliação e seus respectivos pontos de monitoramento foram selecionados a partir da cartografia básica, de modo a apresentar a maior heterogeneidade nas características formadoras do clima e, posteriormente, conferidos em campo. Nestes locais, distribuídos no AU-RMC (conforme Item 3.3), foram instalados os postos temporários de mensuração, dotados de um conjunto de equipamentos simples, pertencentes ao Laboratório de Climatologia da UFPR, que incluem um mini-abrigo meteorológico e um termo-higrômetro da Marca Incoterm, de leitura direta para aferição da temperatura do ar [°C] e da umidade relativa do ar [%]. O Apêndice C traz a descrição dos equipamentos empregados no levantamento de campo e relata os cuidados tomados em sua instalação, bem como para a leitura e o registro dos dados.

Os dados foram coletados nos postos temporários nos horários padronizados internacionalmente pela OMM, ou seja, às 6, 9, 15 e 21 horas,

possibilitando a sua comparação aos dados levantados pelas estações meteorológicas oficiais, porém observando-se as condições diversas. Para a obtenção simultânea dos dados em diferentes locais, contou-se com a colaboração dos moradores ou zeladores das edificações próximas aos pontos monitorados, os quais foram previamente treinados quanto aos procedimentos a serem adotados na coleta e no registro dos dados.

Visando evitar distorções nos valores obtidos em levantamento de campo devido a possíveis disparidades entre termo-higrômetros, foi realizada a aferição dos equipamentos conforme os procedimentos simples sugeridos por Danni-Oliveira (2002), a qual balizou a correção de todos os dados obtidos permitindo a sua comparação (Apêndice D).

### As Estações Meteorológicas

Os dados coletados por estações meteorológicas foram utilizados com o objetivo de referenciar as medições em campo e complementar a malha de pontos empregada na avaliação do clima intra-urbano.

Entre as estações meteorológicas encontradas no AU-RMC pertencentes a diversas instituições e, uma vez descartadas aquelas cujos dados foram coletados fora dos critérios estabelecidos (altura dos sensores, disponibilidade dos dados no período estabelecido, horário correto de medição e confiabilidade dos dados), foram selecionadas sete estações distribuídas em cinco locais (Tab. 4.5).

TABELA 4.5 – AU:RMC: estações meteorológicas

	INSTITUIÇÃO	TIPO	LOCAL	CÓDIGO	LATITUDE	LONGITUDE
<b>A</b>	INMET	convencional	Curitiba - UFPR	OMM: 83842	25°26' S	49°16' W
	INMET	automática		OMM: A807		
	SIMEPAR	automática		25264916		
<b>B</b>	SIMEPAR	automática	Pinhais	25254905	25°25'00" S	49°08'59" W
<b>C</b>	CINDACTA II	convencional	São José dos Pinhais /Aeroporto (SBCT)	OMM: 83840	25°31' S	49°10' W
<b>D</b>	CINDACTA II	convencional	Curitiba – Bacacheri /Aeroporto (SBB1)	OMM: 83841	25°25' S	49°17' W
<b>E</b>	PUC	automática	Fazenda Rio Grande	-	25°39'30" S	49°16'50" W
<b>F</b>		automática	Campo Comprido*	IPRCURIT2	25°26'33" S	49°16'46" W

\* Dados disponíveis em: <<http://www.wunderground.com/weatherstation/Curitiba>>

Três destas estações se encontram no Centro Politécnico da UFPR, quais sejam, duas (uma automática e uma convencional) de responsabilidade do INMET e uma (automática) do SIMEPAR, tornando possível comparar e complementar os

dados coletados por estas duas instituições meteorológicas e os dados entre estações automáticas e convencionais, incluindo a estação “Climatológica principal” do INMET<sup>3</sup>.

As outras quatro estações meteorológicas selecionadas foram: a do SIMEPAR em Pinhais, a da PUC em Fazenda Rio Grande, e duas estações do CINDACTA II nos aeroportos de São José dos Pinhais e em Curitiba no bairro do Bacacheri.

Somando-se os dados obtidos simultaneamente por 16 postos temporários e aos cinco locais monitorados por estações meteorológicas, estabeleceu-se uma malha de 21 pontos irregularmente distribuídos no AU-RMC (Fig. 3.10). A partir desses dados foi possível elaborar as cartas de isolinhas empregadas na análise das condições climáticas das paisagens intra-urbanas nos dias monitorados.

### **A representação gráfica dos dados: as cartas de isolinhas**

Implantadas nos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), as atuais técnicas computacionais de cartografia permitem análises espaciais cada vez mais sofisticadas.

Para a elaboração da carta de isolinhas, são necessárias estimativas da variabilidade dos dados e dos valores em pontos não amostrados a partir dos valores em pontos amostrados, demandando o uso de metodologias específicas de interpolação de dados. A interpolação espacial de dados em uma mesma área converte observações pontuais em campos contínuos, permitindo a comparação entre padrões espaciais de atributos distintos. A interpolação se baseia na tendência que os valores do atributo apresentam de maior similaridade quanto mais próximos forem os locais; conceito que igualmente fundamenta a correlação espacial de fenômenos geográficos como meio de diferenciação dos atributos estimados (JACOB e YOUNG, 2006).

Para obtenção das cartas de isolinhas utilizou-se o método *Inverse Distance Weighting – IDW*, implantado no *software ArcView GIS 3.3*, que interpola as informações pontuais dos dados de entrada, disponibilizando-os na forma matricial. O detalhamento do método utilizado se encontra no Apêndice F.

---

<sup>3</sup> A OMM compreende cerca de 12.000 estações meteorológicas padronizadas em todo o mundo e no Brasil é representada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), ligado ao Ministério da Agricultura. Os dados são coletados pelo INMET e posteriormente distribuídos aos outros órgãos e instituições, como Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), Rede Nacional de Meteorologia, etc.

#### **4.2.2 A Termografia Infravermelha de Superfície**

As técnicas tradicionais de investigação do clima urbano utilizadas mediante uma metodologia consistente, permitem o conhecimento das condições climáticas gerais do clima local. A caracterização do quadro espaço-temporal, o levantamento de dados em campo, a coleta de dados por estações meteorológicas, a elaboração de gráficos comparativos e de cartas de isolinhas acompanhadas de análise rítmica para interpretação dos tipos de tempo, formam um conjunto importante na compreensão do clima em uma área urbana do porte do AU-RMC. Porém, a representação de dados levantados de forma pontual não cobre suficientemente o espaço do Aglomerado Urbano para permitir uma análise detalhada na ordem de grandeza abordada, do clima local ao topoclima, quanto às variações climáticas intra-urbanas.

Conforme Mendonça e Dubreuil (2005, p. 26) e Collischon (1998), os desafios teóricos e técnicos aos estudos do clima constituídos pelas grandes áreas metropolitanas de significativa diversificação espacial, exigem a articulação entre metodologias e técnicas tradicionais e inovadoras, “sendo a identificação das paisagens intra-urbanas associada ao emprego de imagens de satélites um bom recurso para o desenvolvimento da investigação científica relativa às condições climáticas dessa dimensão urbana”.

Entretanto, segundo Mendonça (2003), o recurso das imagens de satélite ainda é pouco utilizado nos estudos brasileiros de climatologia urbana, contando-se entre eles, os trabalhos de Lombardo (1985), Mendonça (1995) e Collischon (1998). Estes autores são unânimes ao afirmar: ainda que persistam alguns problemas quanto à calibração dos equipamentos, que tem sido reduzidos pelos contínuos avanços científicos, a elaboração de documentos mediante essa técnica representa uma aproximação mais efetiva da realidade nos estudos climáticos que as clássicas representações por isolinhas. Ao retratar com uma maior resolução a distribuição espacial e a grandeza de alguns elementos do clima, a Termografia Infravermelha de Superfície possibilita a averiguação mais detalhada de suas variações na mancha urbana.

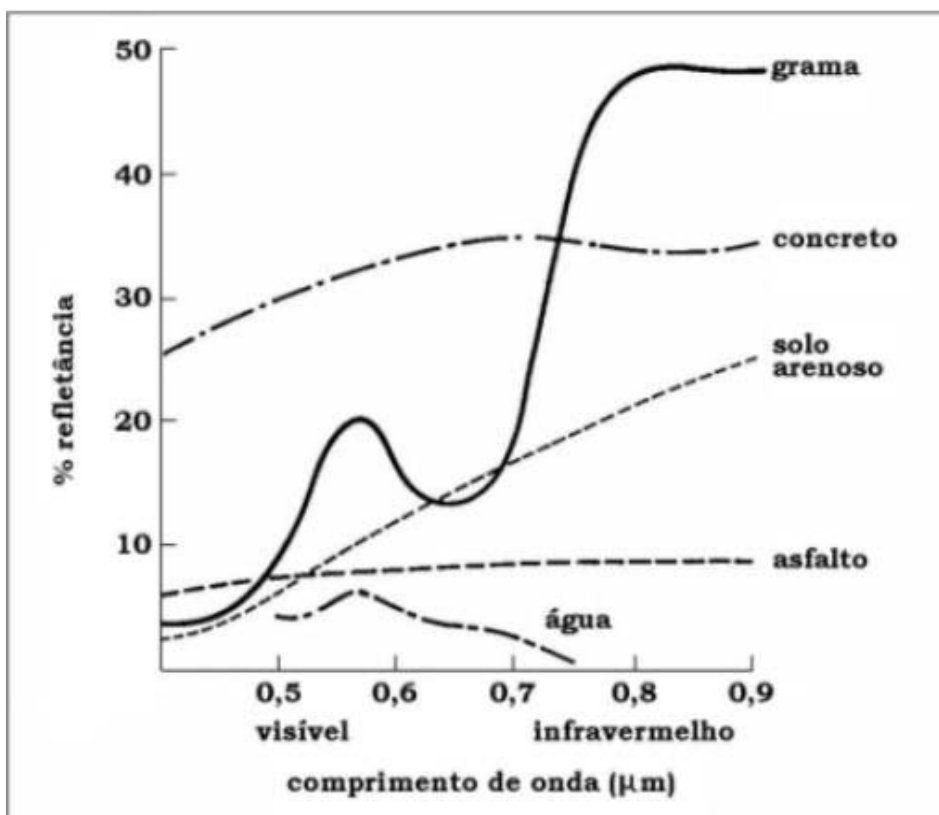
A partir da conversão dos valores de níveis de cinza da imagem do canal do infravermelho termal do sensor TM/Landsat-5 em valores de temperatura, é possível se obter a espacialização das temperaturas de superfície de um dado espaço

terrestre. Assim, por meio desta técnica obtêm-se dados de temperatura de superfície – não de temperatura do ar geralmente tomados em campo ou em estações meteorológicas a altura de 1,5 m – fator que enriquece a análise, pois permite a comparação entre as temperaturas, evidenciando suas relações.

De acordo com Moreira (2001): “A radiação eletromagnética ao interagir com os alvos da superfície terrestre pode ser absorvida, refletida, transmitida e emitida por eles seletivamente. As proporções de cada uma dessas componentes da interação dependem dos fatores ambientais e os inerentes a cada alvo”. Em função do comportamento espectral da radiação refletida e/ou emitida é possível identificar alvos semelhantes, ou detectar qualquer anomalia por eles apresentada.

A Figura 4.7 representa em curvas espectrais a energia refletida por diferentes tipos de superfície terrestre. Cada tipo de superfície representado na faixa do espectro eletromagnético (0,4 – 0,9  $\mu\text{m}$ ), se individualiza por suas características espectrais.

FIGURA 4.7 – Curvas espectrais de diferentes superfícies



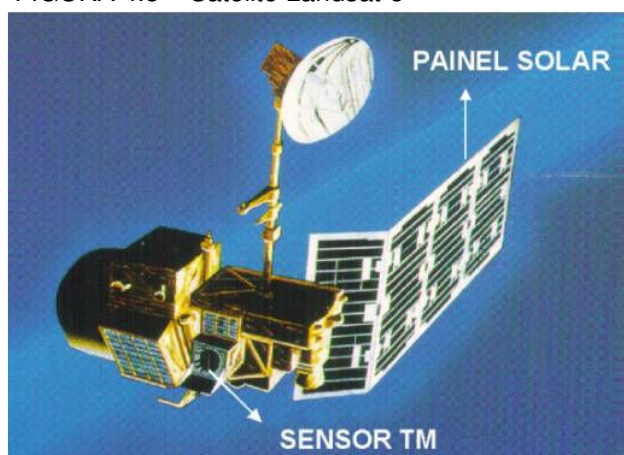
Fonte: Moreira, 2001

O sensoriamento remoto permite a quantificação dessa energia em grandes áreas mediante equipamentos capazes de registrarem a radiação refletida e/ou emitida pelos alvos caracterizados em cada cena obtida pelos sensores. Os sensores detectam e registram a radiação eletromagnética, em determinada faixa do espectro e geram informações que podem ser depois convertidas em imagens, na forma gráfica ou em tabelas (MOREIRA, 2001).

Na investigação do clima do AU-RMC foi utilizada uma imagem do satélite Landsat 5, Canal 6 – infravermelho térmico do Sensor *Thematic Mapper* (TM). A resolução espacial 120m x 120m, próxima do hectare, possibilita a observação da variação térmica intra-urbana. A cena Landsat 5 TM do dia 20 de agosto de 2006, (WRS 220/078)<sup>4</sup>, tomada às 13:04:49 horas GMT<sup>5</sup>, foi cedida pelo INPE.

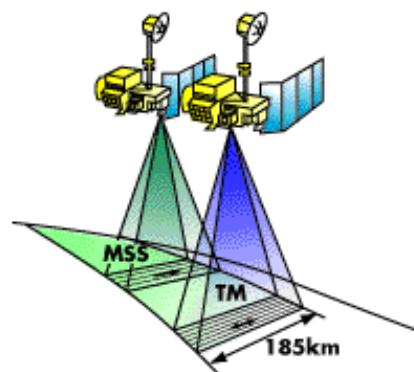
Lançado pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) em 01/03/84 e ativo até o momento, o Landsat 5 possui os instrumentos *Multispectral Scanner* (MSS) e o *Thematic Mapper* (TM) (Fig. 4.8 e 4.9).

FIGURA 4.8 – Satélite Landsat-5



Fonte: Moreira, 2001

FIGURA 4.9 – Landsat-5, sensor TM (*Thematic Mapper*)



Fonte: <www.engesat.com.br>

O ciclo orbital do Landsat 5 é de 16 dias. As órbitas do Landsat são repetitivas, circulares, sincronizadas com o Sol (passando na mesma hora solar em qualquer ponto observado) e quase polares, permitindo assim uma cobertura completa da terra entre 81 °N e 81 °S. O satélite se desloca a uma altitude de 705 km e a velocidade equivalente a 7,7 km/seg no solo. A área imageada pelo Landsat,

<sup>4</sup> WRS: 220/078 no sistema de referência mundial (*Worldwide Reference System*): Órbita 220/Ponto 78.

<sup>5</sup> Como o Brasil estabeleceu em seu território o horário padrão com a diferença a menor de 3 horas em relação a Greenwich, 13:04:49 horas GMT (*Greenwich Mean Time*) corresponde à 10:04:49 horas local.

seja MSS ou TM é uma faixa de 185 km, em cenas de 185 km x 170 km, que são realizadas em 24s (<<http://www.engosat.com.br>>).

O TM (*Thematic Mapper*), incluído na categoria dos Imageadores Eletro-Óptico-Mecânicos, é um sistema óptico constituído por um conjunto de prismas que coletam a radiação eletromagnética proveniente dos alvos da superfície imageada; a energia captada é convertida pelos detectores em sinais elétricos. O sensor TM opera em sete bandas espectrais do espectro eletromagnético, três bandas na região do visível, três na região do infravermelho refletido e 1 banda na região termal.

A Tabela 4.6 traz as faixas espectrais e a resolução espacial das bandas do TM. A resolução espacial, para os sensores que operam nas regiões do visível e infravermelho refletido, é de 30m x 30m e, para o sensor da região do termal é de 120 m x 120 m:

TABELA 4.6 – Características dos sensores TM

<i>Thematic Mapper - TM</i>							
<b>Bandas</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6 IR Termal</b>	<b>7</b>
<b>Faixa (m)</b>	0.45 - 0.52	0.52 - 0.60	0.63 - 0.69	0.76 - 0.90	1.55 - 1.75	10.42 - 12.50	2.08 - 2.35
<b>Resolução espacial (m)</b>	30	30	30	30	30	120	30

Fonte: <[www.engosat.com.br](http://www.engosat.com.br)> acesso em 11 jun.2007

A radiação emitida pelas superfícies é coletada pelo sensor na banda TM6, resultando em uma escala de níveis de cinza na imagem produzida, referente às diferentes temperaturas de superfície. A radiância que chega aos detectores é quantificada em 256 números digitais ou níveis de cinza. Para as outras bandas, o gradiente dos níveis de cinza representa as quantidades de energia refletida pelas superfícies na faixa espectral de cada sensor (MOREIRA, 2001).

A escolha das Bandas Espectrais do Landsat a serem aplicadas depende dos objetivos propostos, conforme orienta a Tabela 4.7:



TABELA 4.7 – Características e aplicações das bandas TM do satélite Landsat-5

Banda	Intervalo espectral (µm)	Características das bandas TM - Landsat-5
1	(0,45 - 0,52)	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenóides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2	(0,52 - 0,60)	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
3	(0,63 - 0,69)	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
4	(0,76 - 0,90)	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com pinus e eucalipto. Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas.
5	(1,55 - 1,75)	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
6	(10,4 - 12,5)	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	(2,08 - 2,35)	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.

Fonte: extraído de <www.dpi.inpe.br> acesso em 09.06.2007

### **Cálculo das Temperaturas de Superfície**

Para se obter as temperaturas de superfície, adota-se em linhas gerais, a seqüência:

- Os valores de níveis de cinza (NC) da imagem são primeiro convertidos para radiância espectral, por meio dos parâmetros de radiância calibração absoluta de pós-lançamento do sensor TM. Os valores de radiância espectral obtidos são, então, transformados em refletância aparente;
- A estimativa das temperaturas da superfície terrestre, em graus Kelvin, por radiometria, baseia-se nas Leis de Stefan-Boltzman e Lei de Plank. Com base nos valores estimados de emissividade obtêm-se a temperatura da superfície mediante a inversão da equação de Plank para corpos radiadores seletivos; e,
- Gera-se a grade de temperatura da superfície mediante a transformação de graus Kelvin para graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), subtraindo os valores de T de 273,16.

Chandler e Markham (2003) afirmam que o satélite Landsat-5 e seu sensor TM continuam operando bem após mais de duas décadas de atividade, entretanto, devido ao desgaste do equipamento, algumas de suas características se modificaram exigindo uma revisão de calibração. A obtenção das temperaturas para a Termografia de Superfície elaborada, seguiu as atualizações dos procedimentos e equações propostas pelos referidos autores, detalhadas no Apêndice G.

A relevância de se considerar as condições meteorológicas dos dias precedentes e não apenas durante o processamento da imagem, reside no fato de que o aquecimento das superfícies e da temperatura do ar das baixas camadas da atmosfera responde ao conjunto de situações atmosféricas sucessivas no decorrer de um certo período ou número de dias.

Assim, quaisquer que sejam as técnicas empregadas, a investigação das condições climáticas só se tornará válida se contextualizada na escala temporal.

### **4.2.3 O Clima e o Tempo no Ano de 2006**

Uma vez caracterizado o clima local levando-se em conta o ambiente atmosférico em associação aos determinantes geográficos e ao impacto da urbanização (itens 3.3 e 4.1), desenvolve-se a seguir uma análise das condições climáticas com maior aproximação na escala espaço-tempo.

A contextualização é indispensável para a compreensão do clima em suas variações intra-urbanas analisadas sob determinadas condições de tempo. Segundo Sezerino e Monteiro (1990, p.26), um experimento só adquire significado quando vinculado ao seu contexto espaço-temporal, uma vez que a condição atmosférica específica do local responde à circulação atmosférica organizada no nível mais amplo. Assim, as medidas tomadas em campo devem ser necessariamente referenciadas à estação meteorológica local e à evolução da situação sinótica recente (COLLISCHON, 1998).

Na escala temporal, individualiza-se o ano de 2006 como um ano atípico, bem como seu inverno, o mês de agosto e o período analisado, comparativamente à variação habitual do clima local. Utilizam-se as reportagens veiculadas nos jornais durante o ano, como registro histórico, dos eventos climáticos e de seus efeitos.

A observação dos principais sistemas atmosféricos atuantes na região foi realizada através de cartas sinóticas e de boletins meteorológicos, especialmente ao Boletim Climanálise de agosto de 2006, divulgado pelo CPTEC/ INPE, identificando-se a seqüência dos tipos de tempos no período específico de análise, com o objetivo de fundamentar o estudo dos episódios investigados. Ao nível local, a evolução do tempo foi referenciada mediante os dados meteorológicos do INMET e do SIMEPAR.

#### **Os impactos do clima no ano atípico de 2006**

O ano de 2006 se revelou atípico do ponto de vista do clima, fato vivenciado em todo mundo e também expressivamente a nível regional e local, conforme atestam as reportagens veiculadas pela mídia e sintetizadas no Apêndice H.

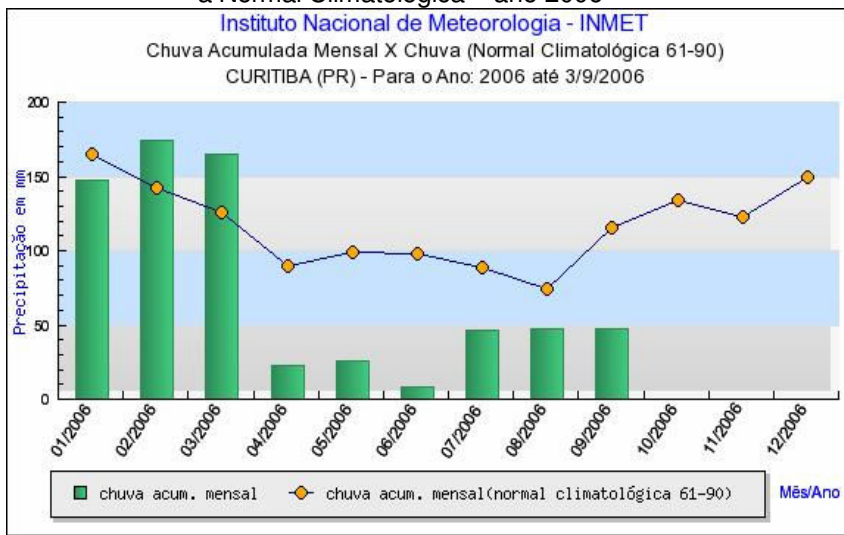
Em Curitiba, o ano iniciou com temperaturas bastante elevadas, atingindo os 34°C no dia 16 de janeiro (entre as temperaturas mais altas já registradas em janeiro), contrastando com os 8°C registrados no dia 17 de abril (entre as mais baixas temperaturas registradas no mês de abril). Porém, dez dias antes do início do inverno o calor intenso dominava o estado do Paraná, e logo depois, a entrada do

inverno ocorreu com a manhã mais fria do ano não só em Curitiba, mas em diversas outras capitais. Se de um lado esta variação das temperaturas ao longo do ano contradiz a sazonalidade característica dos climas subtropicais ou temperados, corrobora a variabilidade do clima curitibano, apontada por Mendonça (2001b).

Contudo, o aspecto mais marcante do clima no primeiro semestre de 2006 e que se estendeu aos meses seguintes, foi a forte e prolongada estiagem que já vinha castigando a região desde o ano anterior. Em fevereiro, a imprensa veiculou que a imagem do campo lembrava o sertão nordestino, pois a falta de chuva afetou as lavouras e o gado, levando agricultores a abandonarem o campo e migrarem para as cidades (Gazeta do Povo, 03.02.2006 e 31.05.2006). Em março, desesperados com prejuízos de três safras seguidas, os agricultores protestavam interrompendo a estrada no interior do estado com a queima de uma colheitadeira antiga. A estiagem se estendeu e se agravou nos meses seguintes: em abril, o nível do Lago do Barigüi se encontrava muito abaixo do normal (Gazeta do Povo, 27.03.2006 e 28.04.2006).

Para o SIMEPAR, as áreas mais críticas no Paraná quanto à estiagem no primeiro semestre do ano foram verificadas nas regiões Oeste, Sudoeste, Centro e Oeste da RMC, com valores de chuva acumulada entre 40% a 60% do normal para a época. Conforme o INMET, o quadro se estendeu nos meses seguintes em Curitiba (Fig. 4.10).

FIGURA 4.10 – Curitiba: Chuva Acumulada mensal comparada à Normal Climatológica – ano 2006



Em junho, em várias localidades do estado, riachos, poços e cachoeiras secaram e as perdas na agricultura eram estimadas em 40%. A seca mais longa em

seis anos alcançava a marca de 70 dias no Paraná, com 42 municípios em estado de emergência, segundo a Defesa Civil. A previsão preconizava que, mantidos os níveis de consumo e a falta de chuvas, não haveria água em setembro (Gazeta do Povo, 12.06.2006; 16.06.2006; 21.06.2006 e Envolverde/Agência Brasil, 22.06.2006).

Ao mesmo tempo, as notícias do exterior revelavam que em junho “um calor de 43°C matou mais de cem pessoas na Índia, Bangladesh e Nepal em três semanas” (Ambiente Brasil, 12.06.06). Em julho, o Hemisfério Norte enfrentava um verão de temperaturas elevadas que levou os Estados Unidos a enfrentarem uma crise de energia; na Holanda, o mês de julho foi o mais quente em 300 anos, registrando 37°C de temperatura, com duas mortes por calor; e, na França, a temperatura máxima ultrapassou os 38°C e 30 pessoas morreram em função do calor excessivo.

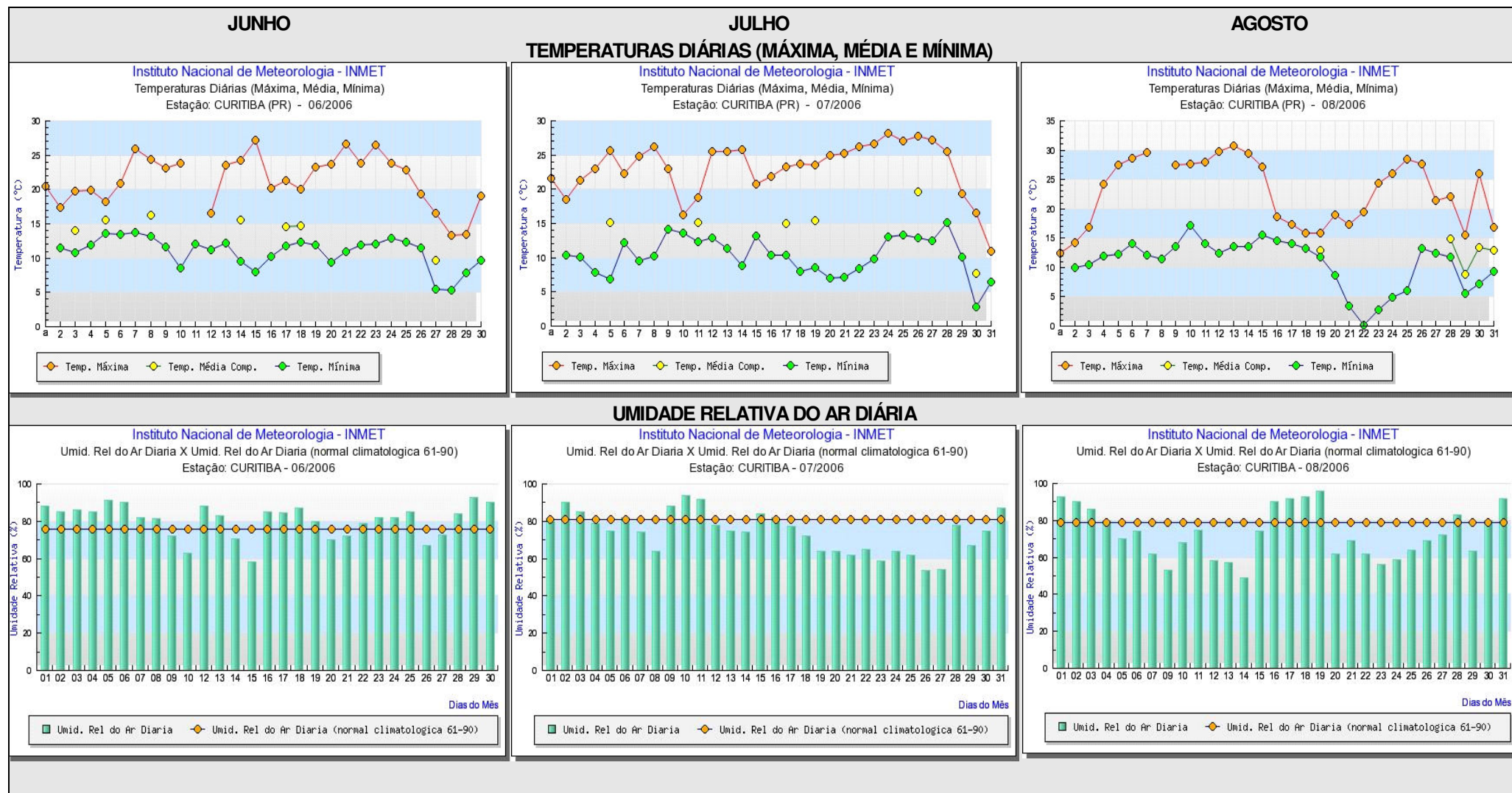
O mês de julho também foi marcado pelas altas temperaturas em todo o Brasil. Temperaturas extremamente elevadas para o inverno foram registradas em Porto Alegre, com 33,6°C no dia 13 de julho, e em São Paulo, com 30,2°C, em 25 de julho (Jornal NH-RS, 14.07.2006; Gazeta do Povo, 25.07.2006, Estado do Paraná, 15.08.2006). Segundo a Defesa Civil, os fortes efeitos da estiagem em toda a Região Sul resultaram em 253 municípios em situação de emergência (Folha de São Paulo, 25.07.2006). No Paraná, 350 mil pessoas sentiram os efeitos da seca; com os prejuízos na safra deixaram de circular no estado R\$ 1,86 bilhão.

Na pior estiagem em 70 anos nas Cataratas do Iguaçu, o triste cenário afastou os turistas; a Copel registrou uma vazão de 245 m<sup>3</sup>/s, em oposição a uma média histórica para o período de 15 mil m<sup>3</sup>/s. Para evitar a falta de energia na Região Sul, 5,2 mil MW de energia estavam sendo trazidos das regiões Sudeste, Norte e Nordeste (Tribuna do Interior, 26.07.2006).

A vegetação seca favoreceu o aumento do número de focos de incêndio: em 25 dias foram registrados no Paraná 635 incêndios florestais, quadruplicando a média diária. Os incêndios dizimaram florestas importantes no Estado e causaram acidentes devido à fumaça em beira de estradas (Paraná Online, 25.07.2006).

A Figura 4.11 apresenta as temperaturas máxima, média e mínima diárias e a umidade relativa do ar para os meses de junho, julho e agosto. Esses gráficos mostram de forma geral temperaturas do ar bastante elevadas para o período e baixos índices de umidade relativa do ar, mais significativos nos dois últimos meses.

FIGURA 4.11 – Curitiba: Temperaturas Máxima, Média e Mínima Diárias e Umidade Relativa do Ar – junho, julho e agosto de 2006



Fonte: INMET, 2006

Curitiba, segundo a Gazeta do Povo de 25.07.2006, vivenciou “o inverno mais quente da história”, com a média das temperaturas máximas para o mês de julho (de 22,74°C) excedendo em 15% a média histórica (19,7°C). Somente no final do mês as temperaturas declinaram expressivamente com a chegada de uma massa de ar polar (MPa) a Curitiba no dia 29 de julho (Tribuna do Interior, dia 29.07.2006).

A temperatura média de julho foi de 16°C, bem superior à média histórica de 12,8°C e maior que a média do ano de 1997 (15,2°C). Foi também o julho mais seco em 9 anos: choveu apenas 37mm, também superando os 40,5mm do ano de 1997, enquanto a média histórica é de 89mm (Estado do Paraná, 15.08.2006). Além de prejudicar a agricultura, a disponibilidade de energia e favorecer incêndios, a longa estiagem afetou significativamente o abastecimento de água. Devido aos baixos níveis dos reservatórios foi necessário implantar a partir do dia 4 de agosto o racionamento de água que atingiu 1,8 milhão de pessoas em Curitiba e Região Metropolitana. O racionamento se estendeu até meados de setembro.

O mês de agosto em Curitiba iniciou sob a frente fria seguida de massa de ar frio, porém a chuva não chegou a repor a umidade do solo. A deficiência hídrica era de 70 mm no dia 10 de agosto (Tribuna do Interior, 01.08.2006; 10.08.2006). Com o declínio das temperaturas, a mídia passou a divulgar os alertas médicos: no inverno há um aumento na ordem de 70% nas mortes por problemas cardiovasculares e de 50% na incidência de doenças respiratórias devido à alta umidade, à poluição e à falta de Sol na estação (*Central Press*, 01.08.2006).

Porém, as temperaturas voltaram a se elevar, atingindo 28°C no dia 07 de agosto e 28,8°C no dia 10. A média de temperatura em torno de 16°C nos primeiros dez dias do mês foi a mais elevada média de temperatura do inverno desde o início das medições do SIMEPAR. As temperaturas permaneceram altas na primeira metade do mês, que também se caracterizou pelos baixos índices de umidade relativa e falta de chuva (SIMEPAR/INMET, 2006). Estas condições climáticas provocaram novo alerta da Secretaria da Saúde: variações de temperatura e baixa umidade do ar causam infecções por irritação e lesões das mucosas e vias respiratórias, além de aumentar o risco de casos de meningite (Paraná Online, 17.08.2006). As altas temperaturas atípicas para a época contribuíram para o expressivo aumento de picadas de aranha-marrom, com 2003 casos registrados este ano, somente na RMC (Ambientebrasil, 09.08.2006).

As exíguas chuvas que ocorreram na primeira metade do mês, embora não aliviassem o problema do abastecimento público de água, causaram alguns transtornos,



como no dia 12, com os alagamentos no bairro do Pilarzinho em Curitiba e no município de Fazenda Rio Grande, além do transbordamento em alguns pontos do Rio Barigui (CBN Curitiba, 12.08.2006). Mas a seca e as altas temperaturas dominaram o período e, no dia 15 havia dois grandes incêndios no Paraná, um em Sapopema, outro no Parque Nacional do Iguaçu – Patrimônio natural da Humanidade, onde o fogo que tinha consumido 40 hectares no mês de Julho e consumiu outros 50 hectares em agosto (Tribuna do Interior 15.08.2006; Paraná Online, 15.08.2006).

Na segunda metade do mês o tempo apresentou significativa variabilidade, devido à entrada de duas fortes frentes frias seguidas de massas de ar polar que trouxeram temperaturas baixas e chuvas. O dia 21 apresentou as menores temperaturas desde o início do ano no Brasil: em São Joaquim-SC, chegaram a -8,1°C no abrigo, e -13,9°C na relva (Boletins Climáticos Climaterra, 21.08.2006). No dia 22, geou no Paraná; em Curitiba, as temperaturas chegaram a 4,3°C e em Pinhais 2,3°C. No dia 23 as temperaturas caíram ainda mais, atingindo 1,9°C em Curitiba e a mínima de 1,4°C na RMC (Paraná Online, dias 21, 22 e 23.08.2006).

A Defesa Civil decretou estado de alerta no Paraná: o índice de umidade relativa do ar foi de 19% no dia 23, valores incomuns no clima local, e poderia cair ainda mais devido à massa de ar frio (SIMEPAR, 24.08.06). No mesmo dia, em Campo Grande, ocorreu “a mais baixa umidade relativa do ar de todos os tempos”: 7%. A Defesa Civil alertou sobre a possibilidade da umidade relativa do ar se inferior a 15% em 6 estados: Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Paraná Online, 24.08.2006; Folha de São Paulo, 24.08.06). Os alertas se repetiram nos dias seguintes para diversas regiões do país e o ar seco contribuiu para a ocorrência de grandes amplitudes térmicas diárias apresentadas em diversos locais.

Quanto ao abastecimento público de água, ainda no dia 12, duas das três represas que abastecem a RMC, Irai e Piraquara, quase no nível crítico, somavam apenas 26,53 milhões de metros cúbicos (Gazeta do Povo, 12.08.2006). Após quase um mês de racionamento de água intermitente na RMC e com as chuvas trazidas por ocasião das frentes frias na segunda metade de agosto, as duas represas somavam 29,7% da capacidade total no dia 29, e o racionamento teve que ser estendido. Em Tijucas do Sul, a represa de Vossoroca também apresentava 30% da sua capacidade total (Paraná Online, 29.08.2006).

Em Foz do Iguaçu no dia 23, após quase 50 dias, o Passeio do Macuco sob as quedas nas Cataratas voltou a ser oferecido aos turistas começando a normalizar

o movimento de turistas. Com a chuva, o rio que tinha chegado a apresentar uma vazão de  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ , voltou à vazão de  $320 \text{ m}^3/\text{s}$ .

A síntese das condições atmosféricas de agosto a seguir foi fundamentada nos boletins meteorológicos do INMET, CPTEC e SIMEPAR, e visa à compreensão da dinâmica dos sistemas atmosféricos e sua manifestação em nível local.

### **Condições atmosféricas em Agosto de 2006**

Na escala Zonal, foram observadas anomalias positivas de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), na faixa tropical do Oceano Atlântico Sul e no Atlântico Sudoeste, desde a costa Sudeste do Brasil até a Foz do Rio da Prata, na Argentina (CPTEC/INPE, 2006).

Dois fortes sistemas de alta pressão se desenvolveram durante o mês: o sistema do Atlântico Sul e o do Pacífico Sul, os quais, “associados à presença de uma anomalia positiva” de pressão bloquearam a entrada das frentes frias no país. A circulação anticiclônica que predominou em grande parte do Brasil provocou subsidência (tempo bom e seco) em especial na parte central do país, intensificada pelos ventos zonais de Oeste que ultrapassando a cordilheira andina trouxeram ar seco proveniente do Oceano Pacífico.

Alguns dos sistemas frontais foram impedidos de atingirem o Brasil devido a uma crista localizada ao Norte da Argentina

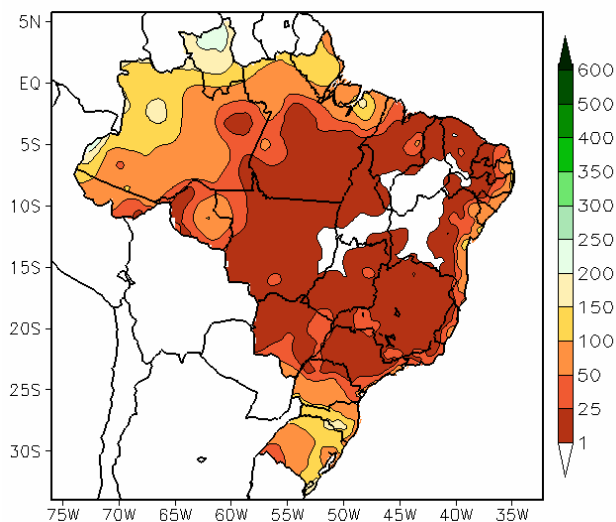
Durante o mês de agosto permaneceu a situação de estiagem que vinha sendo verificada desde o início do ano na Região Sul. Mesmo tendo ocorrido chuvas significativas durante o mês de agosto, a taxa de precipitação no Paraná ficou aquém do esperado para o mês, como em grande parte do país (Fig. 4.12).

Também as temperaturas máximas superaram a média mensal tanto no estado (em  $2^\circ$  a  $3^\circ\text{C}$ ) como no país, de forma diferenciada, chegando a superar a média das temperaturas máximas em  $5^\circ\text{C}$  no estado de Goiás (Fig. 4.13). Na realidade, em quase todo o Brasil o mês de agosto de 2006 apresentou chuvas abaixo da média histórica, temperaturas máximas e mínimas acima de média, e baixos índices de umidade relativa. Somente no final do mês, devido às duas últimas frentes frias de agosto, observaram-se baixas temperaturas.

Na Região Sul, a atuação da massa de ar seco nos primeiros dias do mês favoreceu a ocorrência de elevadas temperaturas em Santa Catarina no dia 7. Embora a temperatura mínima tenha se situado acima da média, na maior parte do

Brasil (Fig. 4.14), as massas de ar frio (MPa) que se seguiram aos dois últimos sistemas frontais de agosto proporcionaram expressivas quedas de temperatura na Região Sul, em algumas localidades inclusive com ocorrência de neve (Fig. 4.15).

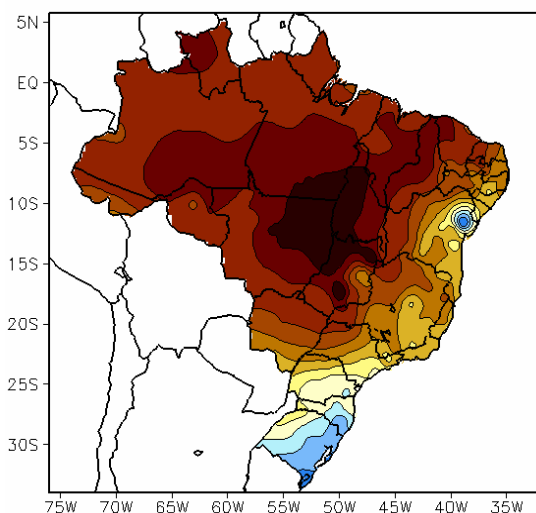
FIGURA 4.12 – Brasil: Precipitação Total (mm) – agosto de 2006



Fonte: CMCD/INPE – INMET, 2006

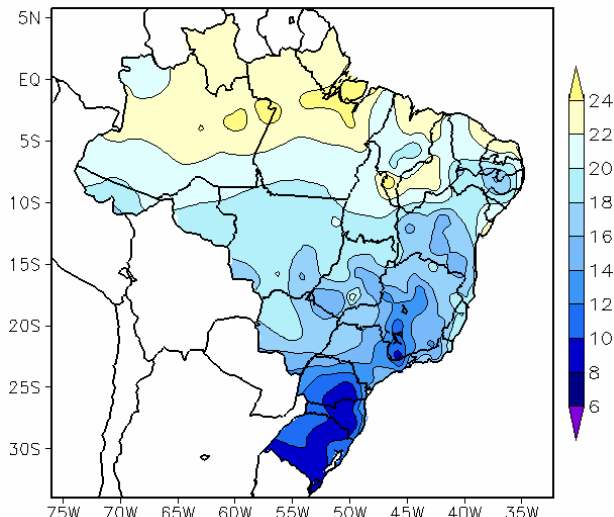
Houve um aumento em cerca de 300% dos focos de queimadas no país, em relação ao mês anterior, relacionado ao período de estiagem (CPTEC/INPE, 2006).

FIGURA 4.13 – Brasil: Temperatura Máxima do Ar à Superfície (°C) – agosto de 2006



Fonte: CMCD/INPE - INMET, 2006

FIGURA 4.14 – Brasil: Temperatura Mínima Média do Ar à Superfície (°C) – agosto de 2006



Fonte: CMCD/INPE - INMET, 2006

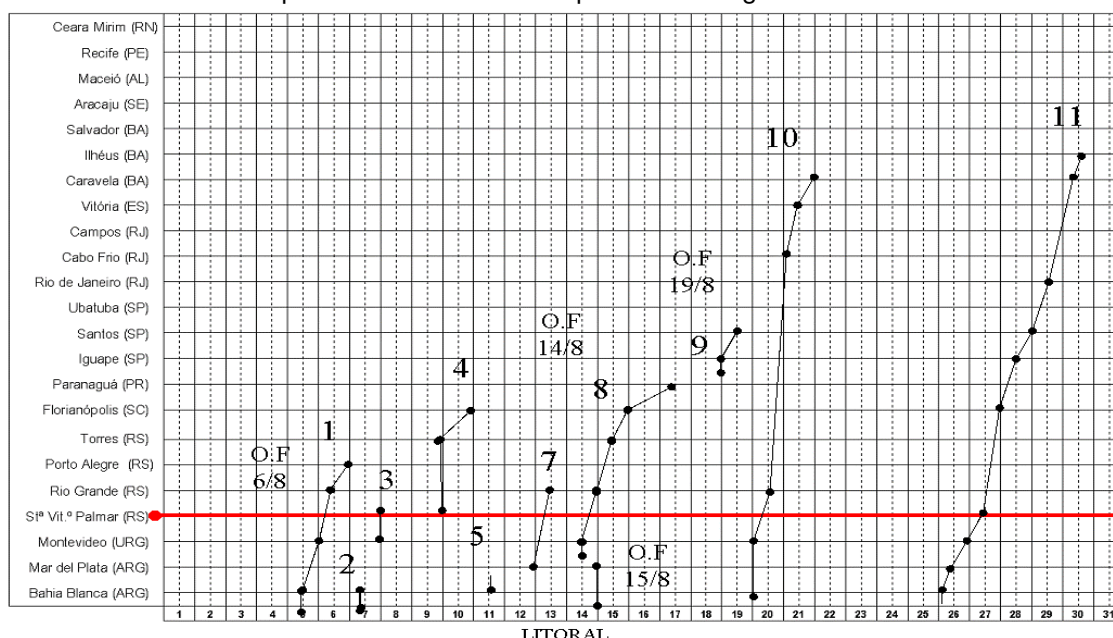
A menor incidência dos ventos de Sul no Oceano Pacífico Sul, propiciaram o deslocamento das frentes frias que atingiram o Sul do continente pela costa Leste.

Segundo o CPTEC/INPE (2006), onze sistemas frontais chegaram ao

continente no mês de agosto. Destes, oito atingiram o território Brasileiro, três, a região Sudeste e apenas os dois últimos o interior do país, sendo que o décimo chegou até Rio Branco, no estado do Acre, ilustrando a dinâmica habitual da MPa e sua respectiva frente (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A Figura 4.15, mostra os sistemas frontais que atingiram a costa Oeste sul-americana no mês de agosto de 2006. Estes são representados por linhas que indicam os dias e locais de sua atuação conforme sua passagem pela estação local entre 9 horas do dia anterior e às 9 horas do dia indicado. A numeração de um a onze se refere à ordem em que as frentes ocorreram no decorrer do mês.

FIGURA 4.15 – Acompanhamento das frentes pelo litoral – agosto de 2006



Fonte: extraído do *site*: <[www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br)>.

No início de agosto ainda se verificava a situação de bloqueio do Oceano Pacífico impedindo o avanço das frentes frias para latitudes mais ao Norte. Mas, “Em alguns episódios, as frentes frias foram intensificadas pela passagem de cavados<sup>6</sup> nos médios e altos níveis; pela atuação do jato<sup>7</sup> em baixos níveis e pela atividade da

<sup>6</sup> Cavado, para os meteorologistas, significa uma área alongada de baixa pressão atmosférica associada com uma área de circulação ciclônica mínima (REDEMET, 2007).

<sup>7</sup> Corrente de Jato é uma “área de ventos fortes concentrados em uma faixa relativamente estreita na troposfera superior em latitudes médias e regiões subtropicais dos Hemisférios Sul e Norte. Fluindo em uma faixa semi-contínua ao redor do globo, de Oeste para Leste, as Correntes de Jato são causadas por variações na temperatura do ar quando o ar polar frio, que se move para o Equador, encontra o ar equatorial quente, que está se movendo para os pólos. São marcadas por uma elevada concentração de isotermas e por um intenso cisalhamento vertical” (REDEMET, 2007).

corrente de jato subtropical em altos níveis, em particular no final de agosto” (CPTEC/INPE, 2006). O mês apresentou dois períodos de características diferenciadas: o primeiro se estendeu até o dia 18, e segundo do dia 19 ao 31 de agosto.

**Durante o primeiro período**, entre os dias 1 e 18 de agosto, as frentes frias chegaram “no máximo à Região Sul”, enquanto nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, as temperaturas elevadas e a baixa umidade relativa do ar caracterizaram um período um “veranico”. Neste período, somente a oitava frente fria que se formou no dia 14 de agosto atingiu a porção Leste do Paraná por volta dos dias 16 e 17 (Fig. 4.15).

As temperaturas foram positivas em quase todo o país e, neste período, uma massa de ar seco predominou sobre o Brasil Central. A circulação dos ventos foi desfavorável à entrada das frentes frias no continente: os ventos mais fortes sobre o Norte da Argentina e o Uruguai levavam as frentes frias em direção ao oceano; a circulação anticiclônica sobre o Brasil Central e a crista ao Norte na Argentina, associada à “anomalia Sul dos ventos meridionais sobre a parte centro-Sul da Argentina” provocavam o deslocamento dos sistemas frontais às latitudes médias antes de atingirem o continente (CPTEC/INPE, 2006).

**O segundo período, entre os dias 19 e 31 de agosto**, foi caracterizado pela entrada das duas últimas frentes frias que atingiram a parte central país neste mês de agosto, diminuindo o efeito estiagem, trazendo frio e chuvas fortes em algumas localidades. Estes sistemas frontais atuaram também na RMC, por volta dos dias 20-21 e 27-28. Entre a passagem destas duas frentes foram registrados os mais baixos índices de umidade relativa do ar deste inverno, embora o período anterior já tenha se caracterizado por uma longa estiagem.

A chuva neste período foi insuficiente para alcançar o índice pluviométrico climatológico na Região Sul. As temperaturas variaram de forma distinta do primeiro período analisado: as temperaturas máximas se aproximaram das médias na Região Sul, enquanto as mínimas apresentaram-se mais baixas, devido a forte MPa que se seguiu à última FPa do mês.

Segundo o CPTEC/INPE (2006), a baixa umidade relativa do ar neste período pode ser explicada pelo padrão de pressão, devido ao bloqueio causado pelo centro de baixa pressão no centro do Oceano Pacífico Sul e um centro de alta pressão na parte Sul do mesmo, o que provocou forte subsidência sobre o Paraguai e afetou o vento meridional. Isso também explica a entrada da última FPa de agosto, indicando que a anomalia de Sul provocou um intenso fluxo proveniente de Sul.

### **Análise Rítmica dos tipos de tempo**

Conforme Danni-Oliveira e Mendonça (2004), a caracterização da atmosfera dos lugares a partir dos valores médios dos elementos do clima, amplamente adotada pelos estudiosos, têm apresentado uma série de limitações. Além de transformar a dinâmica atmosférica em algo estático, o emprego das médias reduz situações climáticas distintas, extremas ou não, a um simples valor estatístico, não refletindo a realidade. Na última década, com o aumento da frequência e da intensidade dos episódios extremos do clima observados, dos “azares naturais” e das irregularidades climáticas em todo o mundo, os quais se manifestam em um período de tempo restrito e afetam a natureza e a sociedade, a proposta de análise climática denominada “Análise Rítmica dos Tipos de Tempo”, por Monteiro nos anos 60/70 assume ainda maior importância.

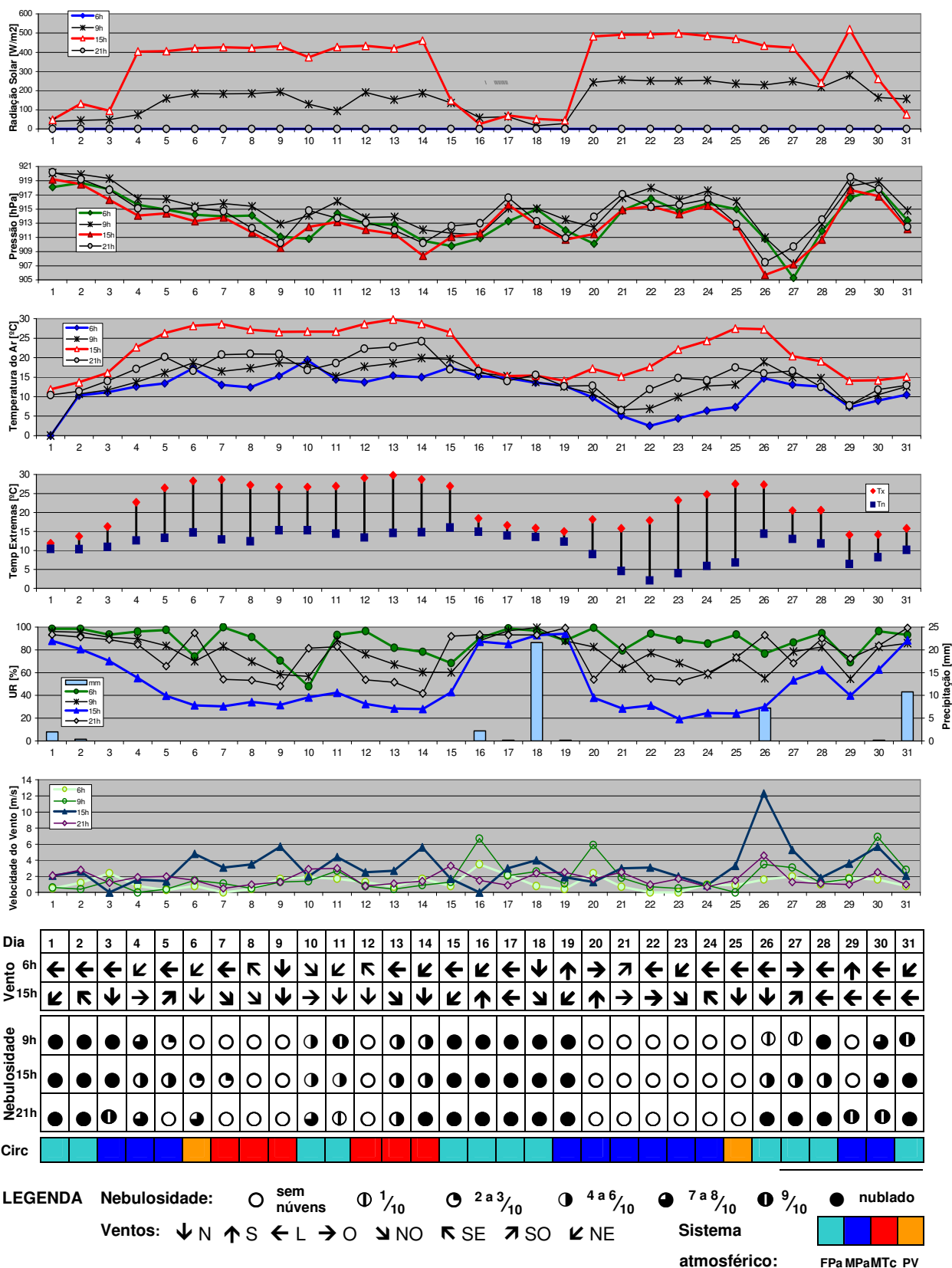
Esta abordagem dinâmica de eventos episódicos permite a visualização dos elementos do clima quanto aos valores reais alcançados e sua variação, bem como o acompanhamento de sua evolução temporal e genética, e a individualização de suas repercussões na superfície terrestre. A metodologia de Análise Rítmica se baseia em três princípios (DANNI-OLIVEIRA e MENDONÇA, 2004): *o ritmo climático*, “expressão dos estados atmosféricos” que compreende os eventos habituais e o padrão de suas variações e desvios; *o regime dos elementos climáticos*, ritmo anual expresso nas particularidades mensais observadas em anos sucessivos; e, *os eventos climáticos habituais e excepcionais* na sua relação entre os impactos socioambientais e a dinâmica atmosférica que os geram.

Ainda segundo Danni-Oliveira e Mendonça (2004), a disposição simultânea e sincrônica dos gráficos possibilita a comparação integrada dos parâmetros meteorológicos de um lugar em sua variação diária e horária. Para a identificação dos tipos de tempo é realizado o acompanhamento da dinâmica dos centros de ação da atmosfera em âmbito regional, utilizando-se imagens de satélites meteorológicos.

A análise rítmica foi elaborada a partir dos dados coletados a 1,5m de altura, pelas estações meteorológicas do SIMEPAR e INMET, ambas situadas no Centro Politécnico da UFPR. Os dados tratados no *software* Excel, geraram os gráficos de tipos de tempo que precederam as datas analisadas em maior detalhe. Foram elaboradas as Análises Rítmicas para o mês de agosto e para cada dia monitorado.

A Análise Rítmica dos tipos de tempo para agosto (Fig. 4.16), evidenciou a variabilidade diária dos parâmetros meteorológicos, bem como a atuação dos sistemas atmosféricos que condicionaram as características climáticas regionais neste período.

FIGURA 4.16 – AU-RMC: Análise Rítmica e Tipos de Tempo – agosto de 2006



Fonte: SIMEPAR/INMET, 2006

Organização: Eliane Dumke



#### 4.2.4 As Condições Atmosféricas no AU-RMC nos Dias Monitorados

Os dias de monitoramento foram selecionados em função da diversidade de condições climáticas apresentadas durante o mês, mas visando principalmente à avaliação das condições de desconforto por frio, que, como se observou, chegaram tardiamente em 2006.

A caracterização das condições climáticas intra-urbanas para cada um dos dias monitorados (dias 12, 18, 21 e 29 de agosto de 2006), foi realizada mediante a análise:

- a) da situação sinótica;
- b) dos tipos do tempo por meio da análise rítmica diária;
- c) da série de gráficos lineares de temperaturas do ar [°C] tomadas no levantamento de campo, para os horários padronizados pela OMM (6, 9, 15 e 21 horas), visando à comparação destas variáveis nos diferentes locais;
- d) da série de gráficos temporo-espaciais representando a organização espacial ao longo de transectos Norte-Sul e Leste-Oeste, das medidas de temperatura do ar [°C] e umidade relativa do ar [%] medidas em campo nos horários padronizados; e,
- e) dos gráficos de isolinhas, ou seja, de isotermas e isoigras, permitindo-se visualizar a espacialização do gradiente dos valores de temperatura e umidade relativa do ar encontrados e sua comparação com os dados das estações meteorológicas oficiais.

Complementando a análise, elaborou-se a imagem termal mediante o tratamento da imagem de satélite obtida por meio da imagem de satélite Landsat 5 TM, de 20 de agosto de 2006. Esta imagem permite a comparação espacial das temperaturas das superfícies nos diferentes lugares com as temperaturas obtidas no mesmo horário das estações meteorológicas a 1,5 metro de altura. Embora não coincida exatamente com os dias monitorados, devido à disponibilidade das imagens de satélite, a imagem termal elaborada contribui para a compreensão da seqüência das condições climáticas monitoradas, pois que se encontra entre os dias monitorados 18 e 21.

As Figuras 4.17, 4.18, 4.19 e 4.20, apresentam as imagens sinóticas para a América do Sul e para a Região Sul nos dias 18, 20, 21, 28 e 29, possibilitando a visualização da dinâmica atmosférica nos âmbitos zonal e regional. As imagens são comentadas nas análises do clima urbano dos respectivos dias.

FIGURA 4.17 – Imagens sinóticas – 8.agosto.2006

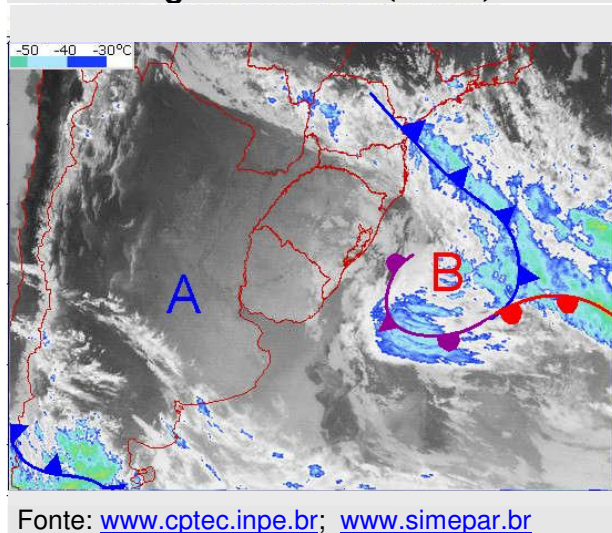
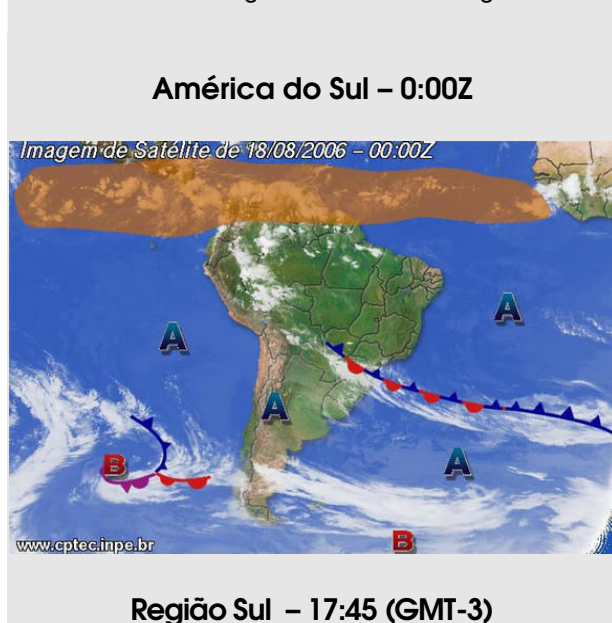
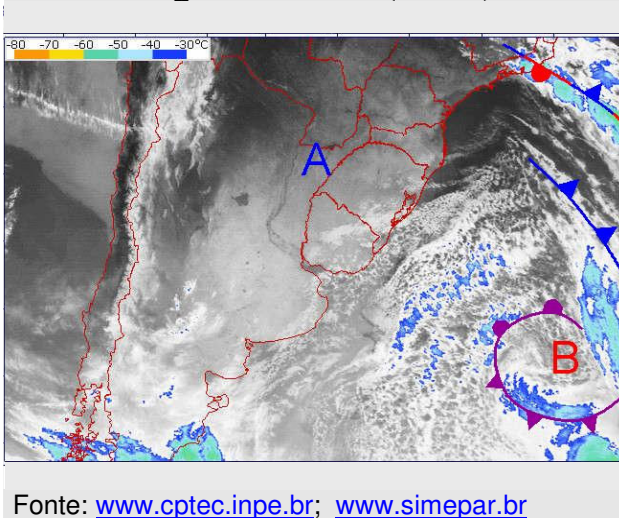
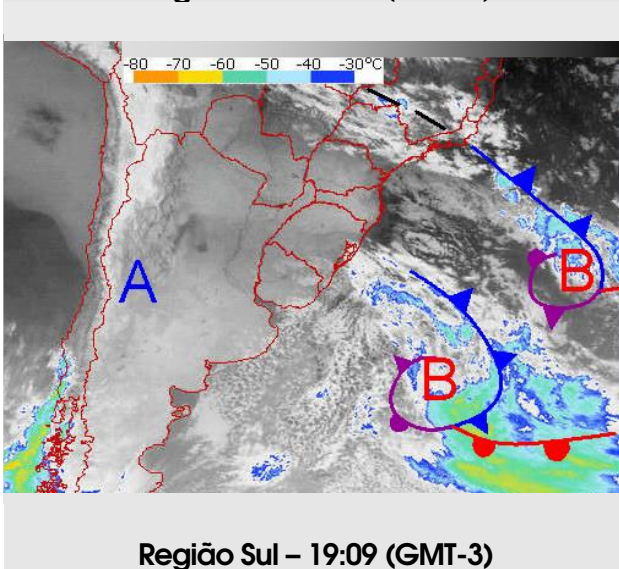
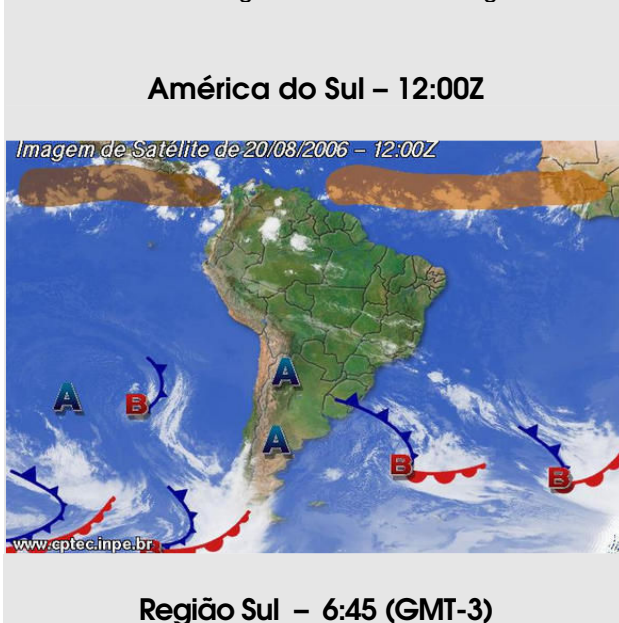


FIGURA 4.19 – Imagens sinóticas – 21.agosto.2006

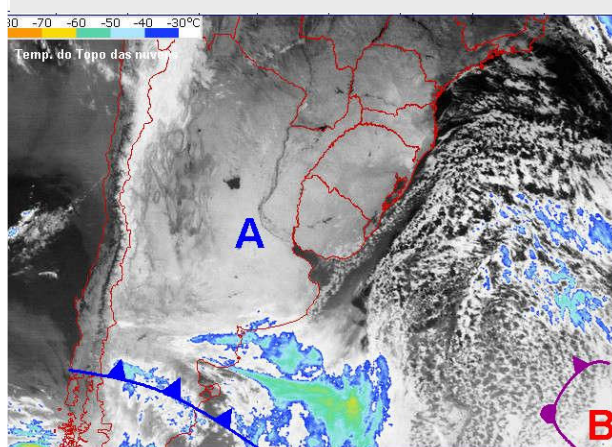
FIGURA 4.18 – Imagens sinóticas – 20.agosto.2006

FIGURA 4.20 – Imagens sinóticas –  
– 28 e 29.agosto.2006

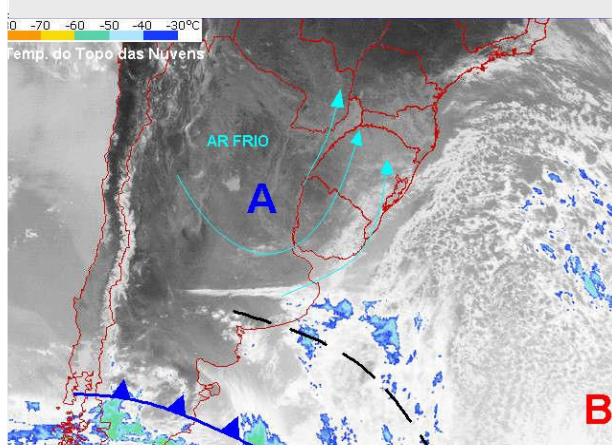




**Região Sul – 6:45 (GMT-3)**



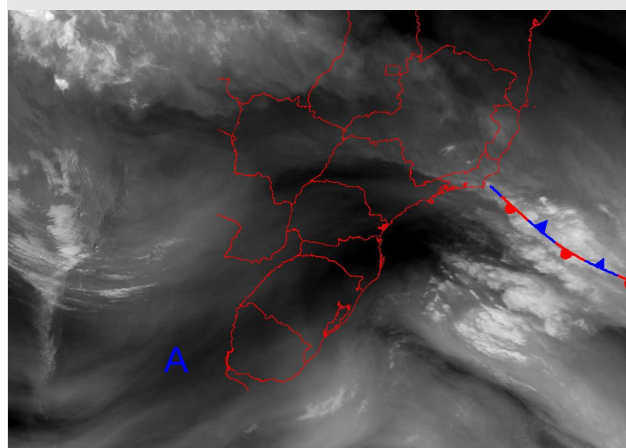
**Região Sul – 11:45 (GMT-3)**



Fonte: [www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br); [www.simepar.br](http://www.simepar.br)



**Região Sul – 29 de agosto – 6:45 (GMT-3)**



**Região Sul – 29 de agosto – 17:45 (GMT-3)**



Fonte: [www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br); [www.simepar.br](http://www.simepar.br)

O dia 12, escolhido para uma primeira verificação para testar os procedimentos, forneceu resultados relativos a uma condição climática específica.

O tempo excessivamente quente dos meses de junho e julho e o fato de não se conseguir monitorar a rara frente fria que surgiu no final de julho, constituíram um motivo de preocupação, pois o objetivo do experimento de campo era avaliar as condições de desconforto por frio, o que parecia não ser mais possível no inverno de 2006. Como se observou, durante a primeira parte do mês de agosto as condições climáticas continuaram atípicas em relação ao padrão de inverno. As previsões da entrada de frentes frias não se confirmavam, pois estas se desviavam antes de chegar ao Paraná, devido à massa de ar quente que dominava a região. Optou-se por fazer uma primeira medição no dia 12 de agosto, independente do tipo de tempo predominante.

Uma vez que as condições climáticas de um momento específico são fortemente influenciadas pela dinâmica atmosférica do período precedente, aborda-se a seguir, de forma ampla e sintética os tipos de tempo, desde o início de agosto e em maior detalhe os dias de monitoramento. Esta descrição é fundamentada nas informações divulgadas pelo CPTEC/INPE (no âmbito do zonal e do regional), pelo SIMEPAR (da escala sub-regional) e na análise dos dados coletados pelas estações meteorológicas e em levantamento de campo (da dimensão escalar do local ao topoclima).

### **As condições atmosféricas do AU-RMC no dia 12 de agosto de 2006**

A massa de ar frio e seco que penetrou nos estados do Sul no final de julho continuou atuando nos dois primeiros dias de agosto, mantendo as temperaturas baixas. Conforme o SIMEPAR, as condições atmosféricas no Sudoeste e Centro-Sul do Paraná eram propícias à formação de geadas. Nos Campos Gerais e na RMC havia o forte predomínio da nebulosidade, e, na faixa Leste, principalmente na Serra do Mar, previa-se chuviscos ocasionais, devido à atuação dos ventos que sopravam do Atlântico.

Segundo o CPTEC/INPE (2006), a massa de ar frio deslocou-se para o oceano entre os dias 2 e 5 de agosto, próximos ao litoral das Regiões Sul e Sudeste.

De acordo com o SIMEPAR, nos dias 3 e 4, a circulação dos ventos continuou sendo influenciada pela massa de ar frio, predominando de Sudeste em todo o estado, trazendo umidade ao continente e céu encoberto e chuviscos entre os Campos Gerais e o litoral. Nas outras áreas do estado, mesmo com o predomínio do Sol as temperaturas ainda foram baixas pela manhã e a sensação térmica de bastante frio. Nos dias 5 e 6 ainda havia uma concentração de nuvens distribuída

entre o Sudeste e o Leste do Paraná, mas as temperaturas se elevavam. Sem provocar alterações significativas nas condições climáticas do estado, a frente fria se deslocou para o oceano. No dia 7 o tempo continuou estável no Paraná, com o aquecimento gradual da massa de ar presente em grande parte da Região Sul. As temperaturas se apresentaram em média mais elevadas, favorecendo a redução da umidade relativa do ar e a intensificação das rajadas de vento Norte, orientação predominante em todo estado.

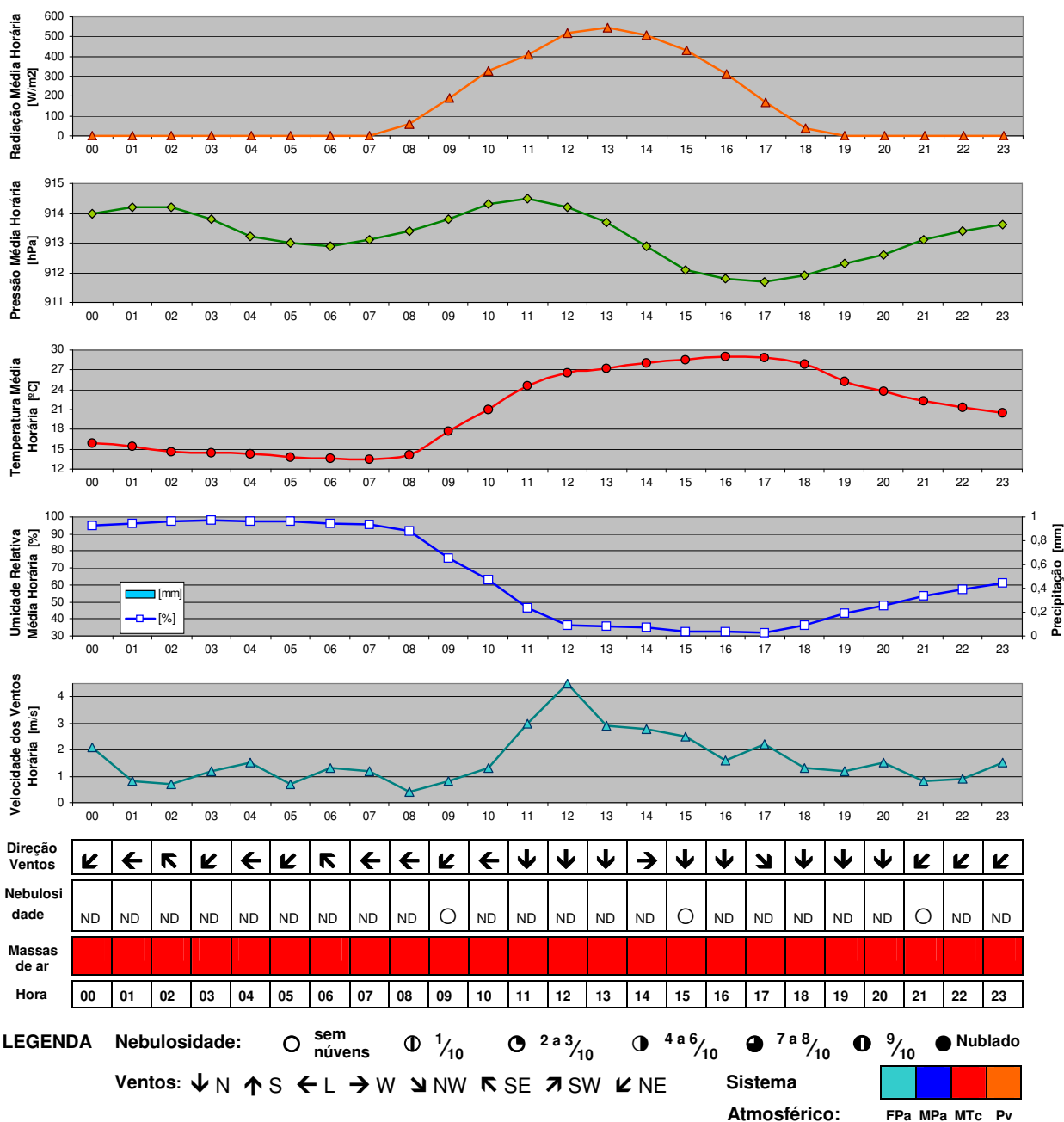
Conforme o CPTEC/INPE (2006), no dia 8, outra frente fria se situou no litoral do Rio Grande do Sul, recuando para o Uruguai no dia seguinte. No dia 10, o sistema continuou a se deslocar pelo litoral e interior da Região Sul, mas esta frente de fraca atividade só provocou chuvas rápidas e isoladas no Paraná, e, no dia 11 se posicionou sobre o oceano, próximo a São Paulo.

No Paraná, nos dias 8 e 9, o SIMEPAR indicava a estabilidade atmosférica devido à massa de ar seco e quente. Previam-se nevoeiros pela manhã do dia 8 na RMC; à tarde do dia 8 e no dia 9, a baixa concentração de nuvens manteria as temperaturas elevadas e os baixos índices de umidade relativa do ar. No dia 10, o sistema frontal que avançava do Sul já atingia algumas áreas paranaenses, modificando o tempo. Esta frente fria provocou poucas pancadas de chuva, melhorando a qualidade do ar, mas as temperaturas permaneceram elevadas. No dia 11, as condições de tempo no estado continuaram instáveis, sobretudo na região entre os Campos Gerais e o litoral, com tempo parcialmente nublado, pancadas de chuva e trovoada.

No dia 12, o tempo se apresentou estável e sem chuva, ainda com maior nebulosidade entre o Sudoeste, Sul e Leste do Paraná. Na RMC e no litoral, o céu encoberto seria responsável pelas temperaturas amenas. O tempo permaneceu estável, ensolarado e quente no dia 13, mas à noite nas regiões próximas à divisa com o estado de Santa Catarina a nebulosidade aumentava. No dia 14, a massa de ar seco e quente presente nas regiões Central e Sul do país continuou impedindo a formação de nuvens de chuva.

Os tipos de tempo em 12 de agosto são sintetizados na Análise Rítmica (Fig. 4.21):

FIGURA 4.21 – AU-RMC: Análise Rítmica Horária e tipos de tempo – 12.agosto.2006



Fonte: SIMEPAR/INMET, 2006

Organização: Eliane Dumke

Em Curitiba, o dia 12 de agosto foi ensolarado, quente e seco, sob o domínio da MTc, como se verifica na Análise Rítmica do dia 12 de agosto (Fig. 4.21) elaborada conforme os dados coletados nas estações meteorológicas do INMET e do SIMEPAR. A mais baixa temperatura do ar ocorreu às 7 horas, de 13,4°C e a mais elevada, às 16 horas: 29,1°C. Neste mesmo horário, a taxa de umidade relativa do ar era expressivamente baixa: 32,2%. O dia de céu claro, quente e seco, representa o tipo de tempo que vinha ocorrendo neste inverno atípico para os padrões locais, com o predomínio de uma massa de ar quente sobre a região que impedia a formação de nuvens de chuva ou a penetração de frentes frias. Os ventos predominaram do quadrante Leste no período matutino, e de Norte no período vespertino, quando se apresentaram mais velozes, atingindo o pico ao meio dia com 4,5 m/s e reduzindo gradualmente a velocidade no decorrer da tarde.

Foram realizadas medições em campo neste dia nos horários padronizados, em seis localidades no AU-RMC: três ao Sul, no município de Fazenda Rio Grande, um ao Norte, no município de Colombo, e dois no município de Curitiba, nos bairros do Xaxim (relativamente próximo ao centro do AU-RMC) e do Cajuru (a Oeste) (Tab. 4.8).

TABELA 4.8 – Temperatura do Ar [°C] e Umidade Relativa do Ar nos pontos monitorados – 12.agosto.2006

		Temperatura do Ar (°C)				Umidade Relativa do ar (%)			
		6h	9h	15h	21h	6h	9h	15h	21h
Estação Meteorológica									
A	SIMEPAR - Curitiba - UFPR	13,7	17,7	28,6	22,3	96,5	76,1	32,5	53,7
Pontos Monitorados									
1	Fazenda Rio Grande-m	10,7	16,7	28,7	15,2	97,0	98,0	84,0	93,0
2	Fazenda Rio Grande-ap	12,0	18,0	31,0	20,0	98,0	82,0	37,0	67,0
3	Fazenda Rio Grande-v	13,5	18,5	30,0	17,0	86,0	88,0	34,5	78,0
6	Xaxim	14,8	22,8	31,3	21,8	-	-	-	60,0
8	Colombo	12,3	21,3	31,3	17,3	79,0	69,0	33,2	73,0
9	Cajuru	13,3	19,3	32,3	19,3	100,0	98,5	38,2	73,5

A Tabela 4.9 traz o resumo das características dos locais monitorados visando facilitar a compreensão da análise desenvolvida a seguir.

A Figura 4.22 traz uma comparação das temperaturas do ar [°C] nestes locais. As cores foram atribuídas aos pontos monitorados conforme os setores onde se situam. Assim, a cor azul escuro representa boas condições/qualidade de vida, o amarelo, condições intermediárias, e o vermelho, condições bastante desfavoráveis. Nestes gráficos



já se verifica, em geral, a maior amplitude das temperaturas nas áreas mais periféricas que coincidem com as áreas de qualidade/condições de vida mais desfavoráveis.

TABELA 4.9 – AU-RMC: síntese das características dos pontos monitorados – 12.agosto.2006

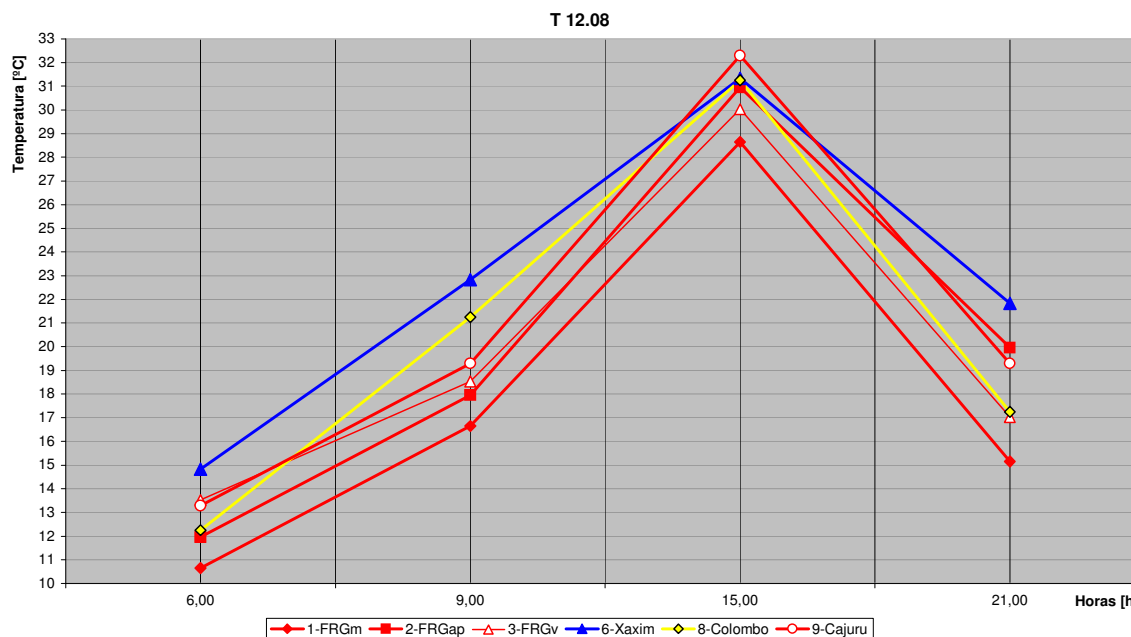
PONTOS DE MONITORAMENTO	SETOR	SUBSISTEMA NATUREZA					SUBSISTEMA SOCIEDADE					
		Hipsometria	Declividade	Veloc. Ventos	Direção Ventos	Or. Vertentes	Taxa Pobreza	Adequação Habitações	Uso do Solo	Nº Pavimentos	Funcionalidade	Estrutura
1. Fazenda Rio Grande - Santarém	21	1	0	1	NO-SE	-	4	c	B	1	h	nm
2. Fazenda Rio Grande - Gralha Azul	21	2	0	2	NO-SE	-	4	c	B	1	h	nm
3. Fazenda Rio Grande - J. Veneza	21	3	0	4	NO-SE	-	4	c	B	1	h	nm
6. Curitiba - Xaxim	5	3	0	4	NO-SE	-	2	a	B	2	h	ie
8. Colombo	13	2	1	1	N-S	N	3	b	B	2	h	nm
9. Curitiba - Cajuru	21	1	0	1	NO-SE	-	4	c	B	1	ap	vr

**Hipsometria** (m): 1. <890 m; 2. 890-920m; 3. 920-950m; 4. 950-980m; 5. >980. **Declividade** (%): 1. 0-5%; 2. 0-10%; 3. 0-20%; 4. 0-30%; 5. 0-45%; 6. 0->45%. **Orientação de vertentes**: N; NE; E; SE; S; SO; O; NO; - (plana ou horizontal). **Velocidade do vento**: 1. Calmaria; 2. Baixa; 3. Média; 4. Alta. **Direção do vento**: N-S; NE-SO; L-O; NO-SE.

**Taxa de pobreza** (%): 1.<6,5; 2. 6,5-13,1; 3.13,1-20; 4.>20. **Adequação habitações** (%): a.>71,1; b. 54,5-71,1; c. 30-54,5; d.< 30. **Uso do solo**: A. Área urbana adensada; B. Área urbana não adensada; C. Vegetação densa; D./E. Vegetação/Cultivo; F. Solo Exposto; G. Corpos d'água. **Nº de Pavimentos**: 1; 2; > 2; >10. **Funcionalidade**: h. habitação; s. serviço; i. indústria; ap. área de preservação. **Estrutura Urbana**: nm. núcleo municipal; ca. centro antigo; si. setor industrial; ie. interstício dos eixos estruturais; fv. fundo de vale; av. áreas verdes; et. eixo de transporte.

OBS. Conforme mencionado, adota-se o conceito do IPARDES (2005, p. 30) de pobreza: "a condição em que a renda familiar mensal *per capita* é de, no máximo, meio salário mínimo, e a taxa de pobreza corresponde o percentual de famílias nessa condição".

FIGURA 4.22 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] nos pontos monitorados – 12.agosto.2006



As temperaturas mais baixas ocorreram no ponto nº 1: Fazenda Rio Grande nos quatro horários de medição. Às 6 horas o termômetro marcava 10,7°C, atingindo 28,7°C às 15 horas. Entre os três locais monitorados no município, este é o de menor altitude (< 890 m) pois situado em fundo de vale, portanto bastante úmido e pouco ventilado.

Estas características geográficas valem em geral também para o Cajuru, onde, inversamente, foi registrada a mais alta temperatura monitorada neste dia (32,3°C às 15 horas). No entanto, observando-se mais atentamente, notam-se diferenças nas dimensões e hierarquias dos fundos de vale dos dois locais, tanto que o Cajuru se situa numa área de alta vulnerabilidade socioambiental, sujeita a enchentes e considerada como área de preservação (DESCHAMPS, 2004; ZANELLA, 2006).

Embora as características de uso do solo sejam as mesmas nos locais monitorados: “área urbana não adensada”, observou-se *in situ*, que no Cajuru se trata de uma área de invasão bastante antiga, com alto grau de impermeabilização do solo e completamente inserida na mancha urbana, enquanto no ponto nº 1: Fazenda Rio Grande, a ocupação é recente, pouco impermeabilizada e com muito mais vegetação, além de estar no extremo da mancha urbana, próximo às áreas rurais, ao Sul. Desta forma, percebe-se claramente a influência das ações humanas na produção do clima.

Além da mais alta temperatura registrada neste dia, o Cajuru apresentou ainda a maior amplitude térmica (19 K) também registrada nos pontos nº 2: Fazenda Rio Grande e nº 8: Colombo.

O Xaxim apresentou as temperaturas mais altas em três dos quatro horários de medição e a menor amplitude térmica dos pontos monitorados (16,5 K). Este local se distingue por sua maior altitude, na faixa de 920 a 950 m, num topo, portanto, intensamente ventilado. As edificações próximas são de dois pavimentos, e o entorno é completamente urbanizado devido a sua localização mais central em relação ao AU-RMC, e além disso, localizado no interstício dos eixos estruturais, áreas de alto grau de urbanização.

Verificou-se que as temperaturas mais amenas e de menor amplitude térmica, corresponderam a esta área, no Xaxim, de melhores condições e qualidade de vida, entre as seis localidades monitoradas.

A intensidade da variação da térmica (que pode ser medida em graus-hora<sup>8</sup>) e a rapidez da variação térmica (devido ao tempo de adaptação do corpo humano ao meio térmico) também são fatores de desconforto.

Os dois gráficos temporo-espaciais a seguir (Fig. 4.23 e 4.24) representam respectivamente as medidas de temperatura do ar [°C] e umidade relativa do ar [%] tomadas em campo, nos horários padronizados no dia 12 de agosto.

Os gráficos temporo-espaciais visam uma leitura espacial das variáveis mencionadas. Assim, os pontos monitorados são ordenados como cortes esquemáticos passando pela área central do Aglomerado Urbano. Neste caso, os gráficos apresentam cada uma das duas variáveis para o dia 12.08.2006, na seqüência dos pontos monitorados no AU-RMC no sentido Norte-Sul.

Para representar a temperatura do ar [°C], utilizou-se uma escala de cores do azul (temperaturas muito baixas), passando pelo verde e amarelo e chegando ao vermelho (temperaturas altas).

Nos gráficos de umidade relativa do ar [%] a escala de cores variou do laranja, que representa a menor taxa de umidade, passando pelo amarelo, branco, verde claro ao escuro e chegando ao preto, que representa a saturação da umidade nas moléculas do ar.

Observa-se no gráfico temporo-espacial das temperaturas do ar [°C] (Fig. 4.23), as temperaturas mais baixas nos três pontos localizados ao Sul do AU-RMC, no município de Fazenda Rio Grande, as temperaturas mais elevadas nas áreas mais centralizadas na malha urbana, ou seja, no Xaxim (em três horários) e no Cajuru (às 15 horas), seguindo-se o município de Colombo, ao Norte, em maior grau de conurbação com Curitiba evidenciando a ilha de calor curitibana.

---

<sup>8</sup> O índice do somatório de graus-hora exprime não apenas o tempo total em que a temperatura se situa acima ou abaixo da temperatura de referência (ou temperatura base), mas também a intensidade desse desconforto em relação a essa temperatura de referência, em termos de diferenciais de temperatura (DUMKE, 2002). Os graus-hora serão avaliados mais detalhadamente no Capítulo 6.

FIGURA 4.23 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto N-S – 12.agosto.2006

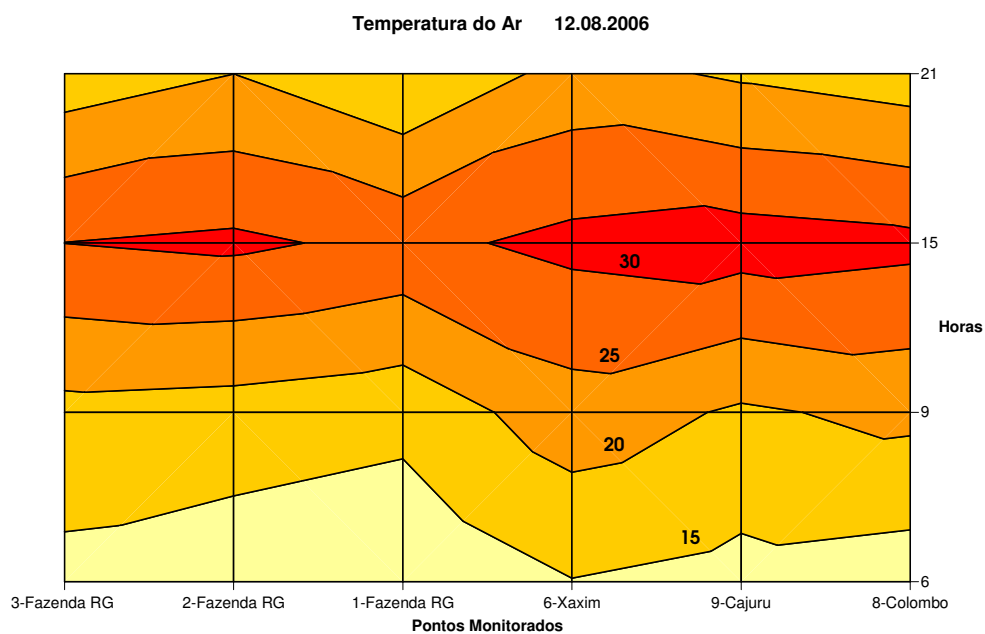
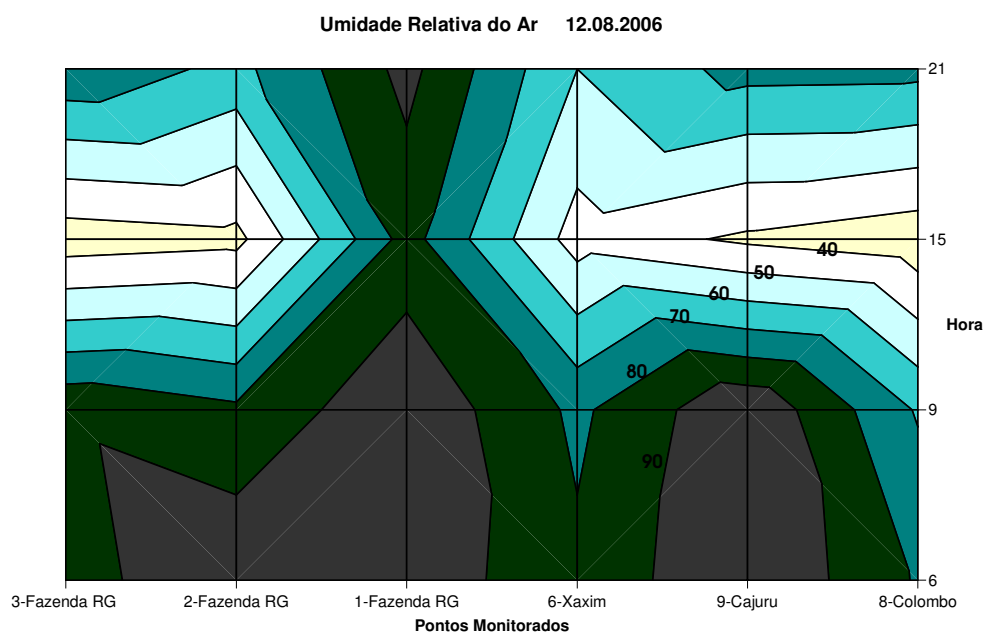


FIGURA 4.24 – AU-RMC: Umidade Relativa do Ar [%] no transecto N-S – 12.agosto.2006



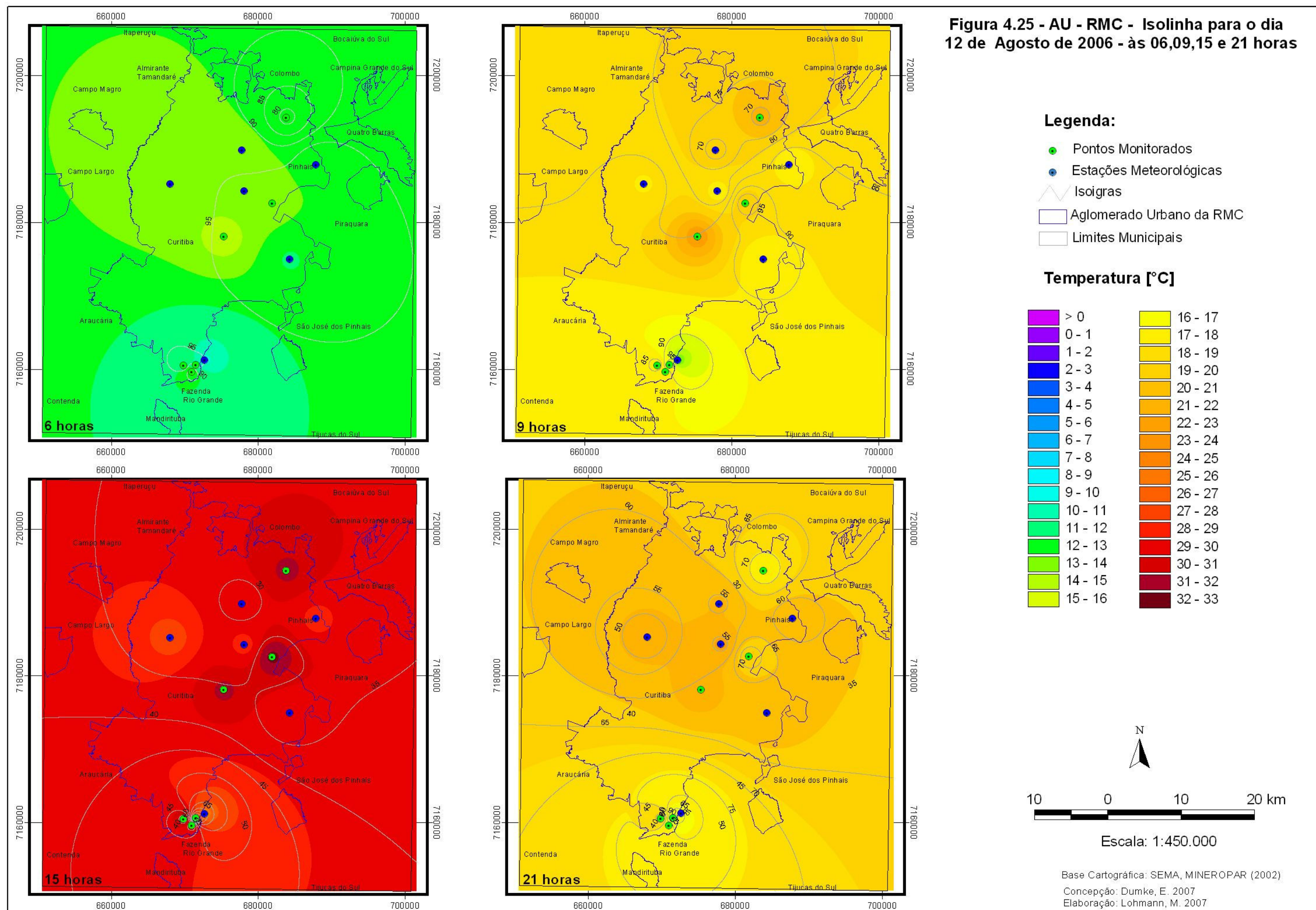
Colombo se distingue por sua altitude mediana em relação aos outros locais de monitoramento do dia 12 de agosto (entre 890 e 920 m), por sua leve declividade (0 a 5 %), enquanto as outras áreas são planas, e pela sua vertente Norte, favorável aos ganhos de radiação solar. De solo bastante impermeabilizado e com algumas poucas edificações de dois pavimentos, a área onde se situou o ponto de medição é ocupada por uma população de condições e qualidade de vida intermediárias, mas a pouca distância de uma outra, de condições e qualidade de vida extremamente desfavoráveis.

A umidade relativa do ar [%] apresenta, de modo geral, o comportamento inverso da temperatura do ar como se pode se observa nos gráficos (Fig. 4.23 e 4.24), bem como se verifica na Análise Rítmica (Fig. 4.21).

Os cartogramas de isolinhas do dia 12 de agosto (Fig. 4.25), para cada um dos horários monitorados evidenciam, em seu conjunto, uma grande amplitude térmica diária e temperaturas do ar muito elevadas em relação ao padrão do inverno local, sobretudo as temperaturas registradas às 15 horas. As isotermas revelam a tendência da IC, entre 15 e 21 horas, de se deslocar em direção a Pinhais, onde o adensamento é ralo.

As isolinhas para 12 de agosto incluem os dados medidos em campo e os coletados pelas estações meteorológicas, compondo uma malha de pontos distribuídos de forma irregular no AU-RMC e permitindo uma comparação espaço-temporal e simultânea da temperatura do ar e da umidade relativa do ar. Apesar do reduzido número de pontos monitorados neste dia, considerando-se também os dados das estações meteorológicas, foi possível elaborar esta primeira série de isolinhas onde algumas tendências climáticas já se verificaram.





Nos cartogramas das isolinhas para 12 de agosto (Fig. 4.25), observa-se que às 6 horas configurou-se uma ilha de calor (IC) que abrangeu a “área urbana adensada” e extravasou para a “área urbana não adensada” o seu redor. A partir da temperatura mais alta registrada no Xaxim ( $14,8^{\circ}\text{C}$ ) apresentou-se um forte gradiente em direção ao Sul, até a estação meteorológica da PUC em Fazenda Rio Grande ( $9,7^{\circ}\text{C}$ ): a diferença de 5,1 K se acentuou às 9 horas, para 9,8 K. Neste horário, a IC ocorreu sobre o Xaxim ( $22,8^{\circ}\text{C}$ ), área bastante adensada e não sombreada.

Às 15 horas, a IC continuou sobre o Xaxim mas se estendeu ao Cajuru, que apresentou a mais alta temperatura ( $32,3^{\circ}\text{C}$ ), com o gradiente diminuindo no sentido Leste-Oeste até o Campo Comprido ( $27,6^{\circ}\text{C}$ ), mas apresentando ainda maior redução em direção ao Sul, até a estação meteorológica da PUC em Fazenda Rio Grande ( $25,1^{\circ}\text{C}$ ): uma diferença de 7,2 K. Neste horário se destacou a baixa umidade relativa do ar, no Aeroporto do Bacacheri, com 27,0%.

Às 21 horas, a IC se configurava sobre a área mais centralizada e mais adensada da mancha urbana, espalhando-se no sentido Leste-Centro-Noroeste e se intensificando sobre Pinhais e São José dos Pinhais. A IC parecia ora interromper-se ora apenas se atenuar ao longo de um eixo com temperaturas mais baixas, que seguia desde Colombo, ao Norte, passando pelo Vale do Rio Iguaçu (incluindo o Cajuru), e chegando à Fazenda Rio Grande. Com as temperaturas extremas apresentadas na estação meteorológica do SIMEPAR na UFPR ( $22,3^{\circ}\text{C}$ ) e em Fazenda Rio Grande no ponto nº 1 ( $15,2^{\circ}\text{C}$ ), a intensidade da IC, foi de 7,1 K neste horário.

Observa-se que à noite e de madrugada, quando o sistema está se resfriando, é que os atributos urbanos são mais efetivos em retratar o fluxo de calor entre eles e o ar. Nesse dia, a mancha nos horários das 6 e das 21 horas não foi em direção a Colombo, mas sim, a Pinhais e São José dos Pinhais, à Nordeste/Sudeste e à Campo Magro/Largo à Noroeste, justamente áreas de menor densidade e maior variação da topografia.



### **As condições atmosféricas do AU-RMC no dia 18 de agosto de 2006**

Segundo o Boletim Climanálise (CPTEC/INPE, 2006) a baixa pressão que se formou sobre o Uruguai no dia 14 originou mais uma frente fria (FPa) acompanhada de chuvas significativas, a qual se deslocou pelas Regiões Sul e Sudeste, atingindo o Leste do Paraná entre os dias 16 e 17 e Santos-SP no dia 18. Nos dias 15 e 16, a terceira massa de ar (MPa) atingiu o Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Para o SIMEPAR, no dia 15 já havia no Paraná condições atmosféricas propícias às chuvas rápidas e isoladas; na RMC o céu se apresentava nublado. Com a chegada da frente fria e a instabilidade nos dias 16 e 17, choveu em todo o estado. Em Curitiba, o céu se apresentava parcialmente nublado, com chuva e as temperaturas, em declínio.

O Boletim Técnico (CPTEC/INPE, 2006) do dia 18, observava no nível 500 hPa o Vórtice Ciclônico (sistema de baixa pressão) sobre o Atlântico Sul (40S, 50W) e o cavado que se estendia até o Norte da Argentina; destacava ainda o forte gradiente de temperatura até o Sul do Brasil. No nível 250 hPa, destacava-se ainda uma divergência mais significativa em Mato Grosso do Sul, no Paraná e Santa Catarina. As imagens de satélite mostravam as nuvens associadas a essa divergência, bem como ao jato subtropical. Ao Sul da América do Sul, evidenciava-se o jato polar Sul desde o Pacífico até o Atlântico e a convecção provocada pela divergência presente no Sul da Argentina. Associados a frente estacionária em superfície, verificavam-se os elevados valores de água precipitável.

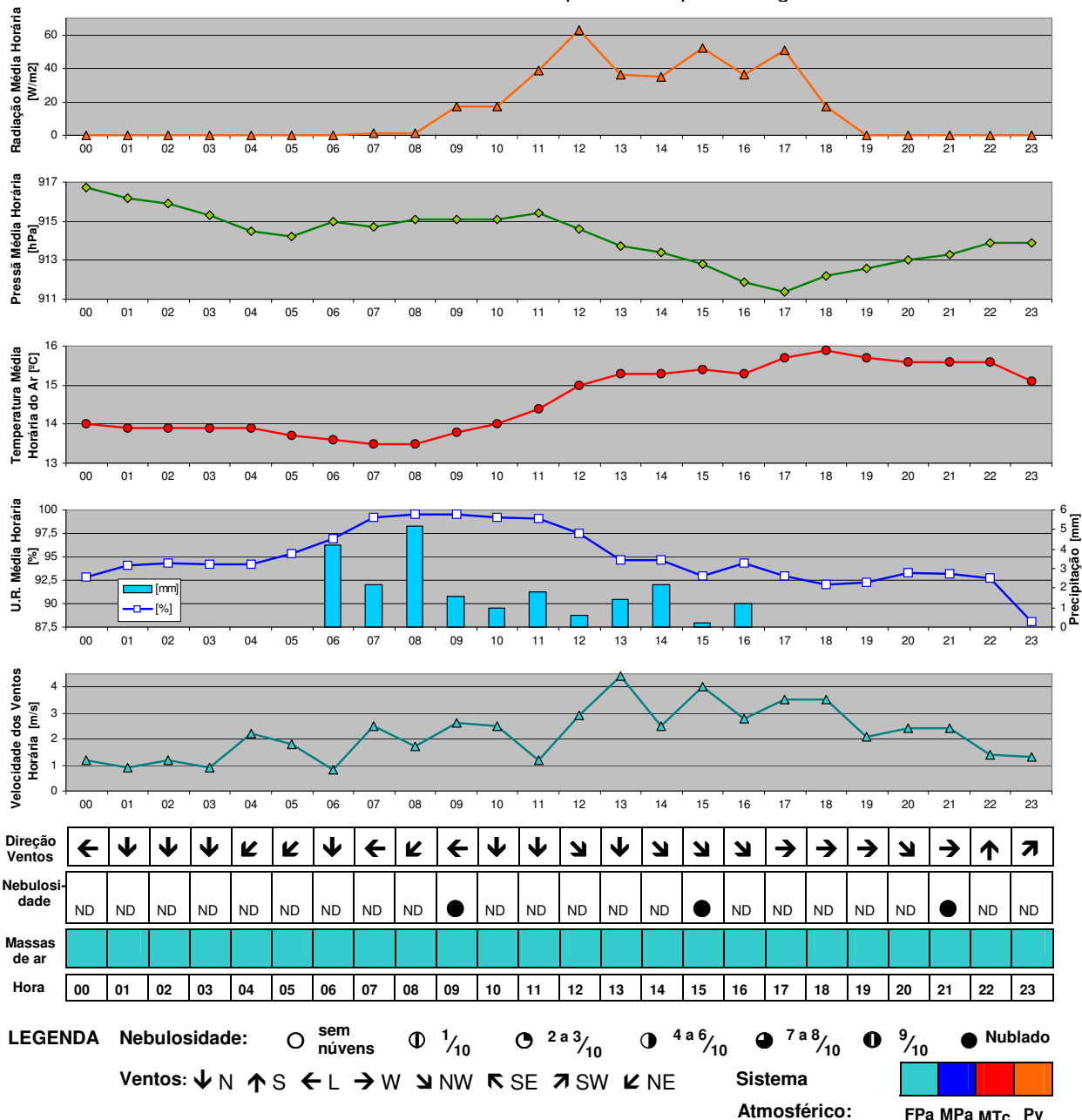
Segundo a análise da imagem de satélite Góes do dia 18 de agosto, tomada às 8 horas (horário local), divulgada pelo INPE, “no Norte da Região Sul” observavam-se “muitas nuvens, associadas a um sistema frontal” e sobre o Rio Grande do Sul havia “muitas nuvens baixas e médias devido à circulação em baixos níveis e ventos fortes em altitude”.

De acordo com o SIMEPAR, no dia 18, embora a frente fria se deslocasse para a região Sudeste do país, ainda provocava instabilidades e chuvas isoladas no Leste e no Norte do Paraná, mas no Oeste do estado a nebulosidade perdia a força. A massa de ar mais frio e seco começou a avançar pelo Sul do país rebaixando as temperaturas.

A Figura 4.17 mostra as condições sinóticas da América do Sul e a frente fria (FPa) quase estacionária sobre o Paraná no dia 18 de agosto. Observa-se o domínio da FPa sobre o estado marcada pelo eixo de forte nebulosidade, seguida da massa de ar seco e frio (MPa) que já avançava nos estados mais ao Sul e os centros de alta e de baixa pressão.

A Figura 4.26 representa a Análise Rítmica do dia 18 de agosto.

FIGURA 4.26 – AU-RMC: Análise Rítmica Horária e tipos de tempo – 18.agosto.2006



FONTE: SIMEPAR/INMET, 2006 Organização: Eliane Dumke

Sob o domínio da FPa, Curitiba apresentou o céu encoberto e ocorrência de chuvas, sobretudo das 6 às 16 horas. Os ventos foram mais velozes no período vespertino, entre 3 e 4,5 m/s, predominantemente provenientes do quadrante O-NO-N. A alta nebulosidade favoreceu a baixa amplitude térmica diária: 2,4 K, com a temperatura mínima de 13,5°C às 7 e às 8 horas e a máxima de 15,9°C às 18 horas, considerando-se os dados do SIMEPAR.

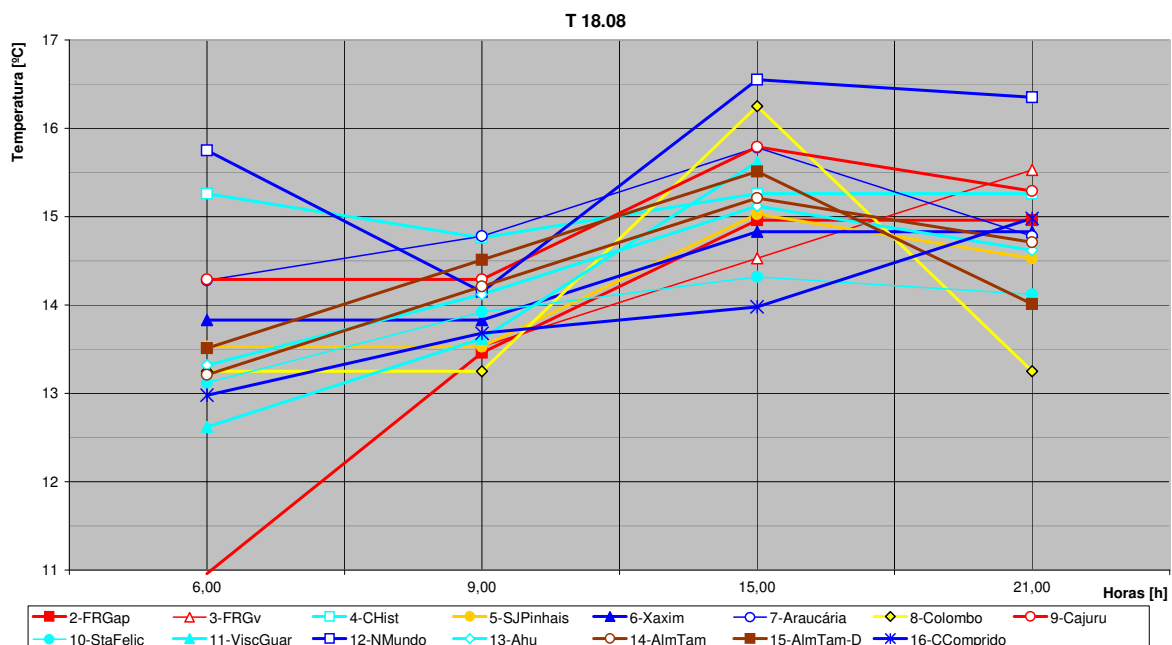
A Tabela 4.10 apresenta os dados coletados no dia 18 de agosto de 2006, nos horários padronizados nas estações meteorológicas e em campo.

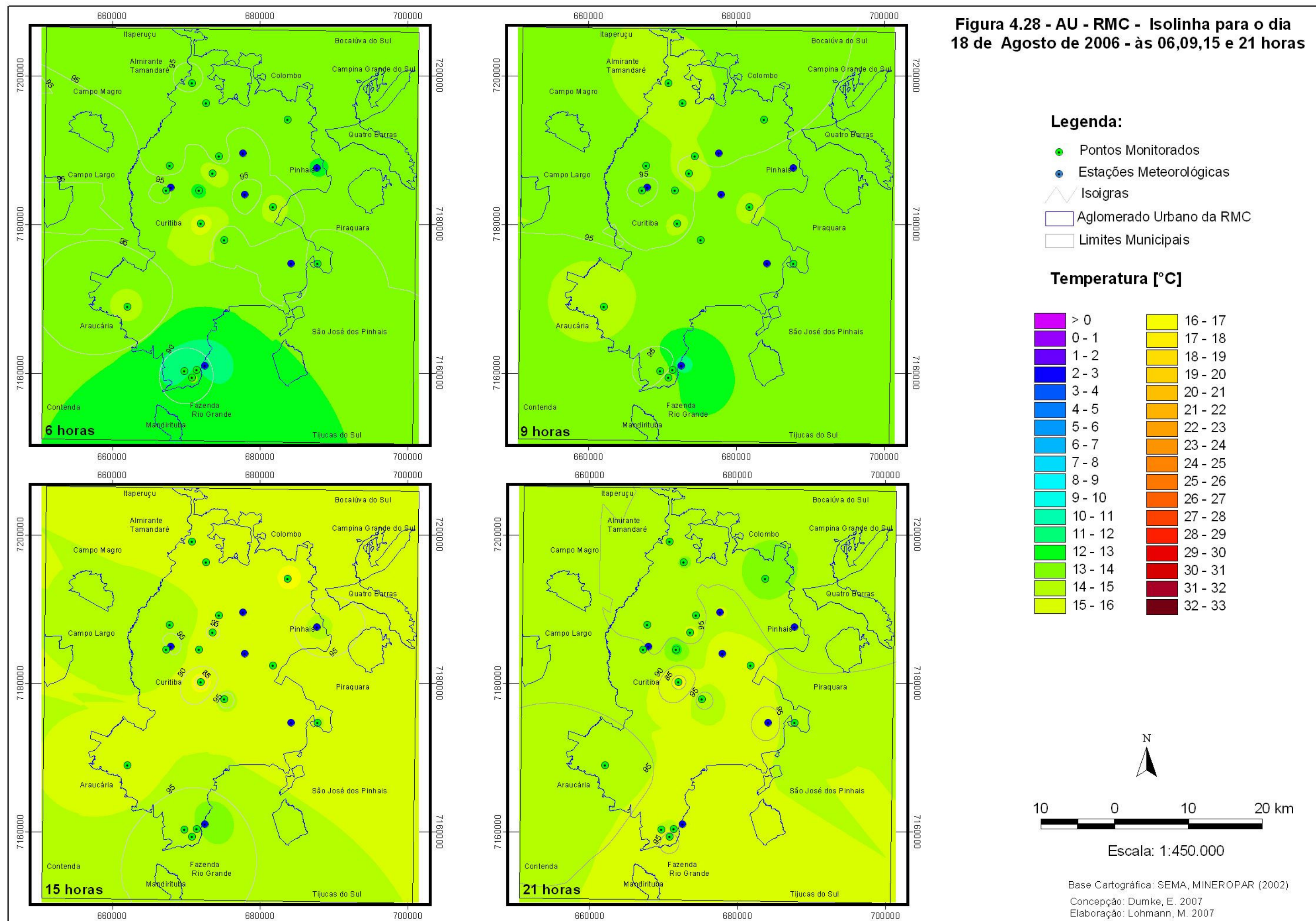
TABELA 4.10 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] e Umidade Relativa do Ar nas estações meteorológicas e nos locais monitorados – 18.agosto.2006

		Temperatura do Ar (°C)				Umidade Relativa do ar (%)			
		6h	9h	15h	21h	6h	9h	15h	21h
<b>Estações Meteorológicas</b>									
<b>A</b>	Simepar - Curitiba - UFPR	13,6	13,8	15,4	15,6	96,9	99,6	92,9	93,2
<b>B</b>	Simepar - Pinhais	13	13,1	14,9	14,7	98,7	99,1	98,7	98,3
<b>C</b>	Curitiba - Aeroporto (SBCT)	13,8	13,9	15,7	15,4	98,0	100,0	92,0	96,0
<b>D</b>	Curitiba - Bacacheri (SBBi)	13,5	13,8	15,2	15,1	92,0	94,0	91,0	92,0
<b>E</b>	Campo Comprido	13,7	13,7	14,4	14,8	90,0	96,0	97,0	97,0
<b>F</b>	PUC - Fazenda Rio Grande	11,2	11,6	13,1	15,4	-	-	-	-
<b>Pontos Monitorados</b>									
<b>1</b>	Fazenda Rio Grande-m	-	-	-	14,7	-	-	-	93,0
<b>2</b>	Fazenda Rio Grande-ap	11,0	13,5	15,0	15,0	88,0	94,0	99,0	94,5
<b>3</b>	Fazenda Rio Grande-v	13,5	13,5	14,5	15,5	90,0	96,0	96,0	96,2
<b>4</b>	Centro Histórico	15,3	14,8	15,3	15,3	91,0	96,0	96,0	96,0
<b>5</b>	São José dos Pinhais	13,5	13,5	15,0	14,5	93,0	98,0	93,0	93,0
<b>6</b>	Xaxim	13,8	13,8	14,8	14,8	96,0	100,0	96,0	96,0
<b>7</b>	Araucária	14,3	14,8	15,8	14,8	100,0	95,0	90,2	99,0
<b>8</b>	Colombo	13,3	13,3	16,3	13,3	100,0	90,0	91,0	100,0
<b>9</b>	Cajuru	14,3	14,3	15,8	15,3	93,0	98,0	93,5	93,0
<b>10</b>	Santa Felicidade	13,1	13,9	14,3	14,1	97,0	94,0	95,0	97,0
<b>11</b>	Batel - Visc. Guarapuava	12,6	13,6	15,6	12,6	91,0	92,0	92,0	-
<b>12</b>	Novo Mundo	15,8	14,2	16,6	16,4	93,0	91,8	83,0	83,0
<b>13</b>	Ahu	13,3	14,1	15,1	14,6	97,0	95,0	93,0	96,0
<b>14</b>	Almirante Tamandaré	13,2	14,2	15,2	14,7	94,0	95,0	90,0	95,0
<b>15</b>	Alm. Tamandaré - Dorcas	13,5	14,5	15,5	14,0	100,0	91,0	92,0	96,0
<b>16</b>	Campo Comprido	13,0	13,7	14,0	15,0	98,0	95,0	94,0	93,0

A Figura 4.27 traz os dados de temperatura do ar [°C] coletados de campo. A Figura 4.28 traz as isotermas e isoigras para o dia 18 de agosto.

FIGURA 4.27 – AU:RMC: Temperatura do Ar [°C] nos pontos monitorados – 18.agosto.2006







Durante o dia 18 de agosto, apesar da pequena amplitude térmica diária e da umidade relativa do ar bastante alta ou em saturação, foi possível observar nos dados coletados, comparados no gráfico e no conjunto das cartas de isolinhas elaboradas, as condições climáticas intra-urbanas.

Às 6 horas, uma IC (de 4,8 K de intensidade) com temperaturas mais elevadas na parte central da mancha urbana espalhava-se no sentido Leste-Oeste e as temperaturas reduziam-se ao Sul. Neste horário, a temperatura mais alta foi de 15,8°C no Novo Mundo, seguida de 15,3°C no Centro Histórico e 14,3°C em Araucária e no Cajuru. Em Fazenda Rio Grande, foram registrados 11,0° e 11,2°C, no ponto nº 2 e na estação meteorológica da PUC, respectivamente. Destaca-se a baixa temperatura registrada no Batel: 12,6°C, único local monitorado entre edifícios altos.

Às 9 horas, com o céu encoberto, as temperaturas tenderam a se elevar (notadamente ao Norte do AU-RMC) e a se homogeneizar. As diferenças entre as temperaturas mais altas e mais baixas diminuíram: variaram de 14,8°C no Centro Histórico e em Araucária, a 13,1°C na Estação de Pinhais. Como exceção: na estação meteorológica da PUC em Fazenda Rio Grande foi registrada uma temperatura ainda mais baixa, de 11,6°C. Assim, a intensidade máxima da IC foi de 3,2 K neste horário.

Às 15 horas, destacam-se as temperaturas elevadas no Novo Mundo (16,6°C) e em Colombo (16,3°C), seguidos de Araucária e Cajuru e do Aeroporto de São José dos Pinhais como locais formadores de IC, em oposição ao efeito parque apresentado em Fazenda Rio Grande, na estação da PUC (13,1°C), local próximo a áreas rurais; no Campo Comprido (14°C) e em Santa Felicidade (14,3°), locais altos e bastante vegetados. Observa-se que neste horário as temperaturas mais baixas se concentraram ao Sul e a Oeste. A intensidade máxima da IC neste horário foi de 3,5 K.

Às 21 horas, ao contrário do horário anterior, as temperaturas mais elevadas se concentravam mais ao Sul e as mais frias ao Norte, observando-se principalmente Colombo (13,3°C) e Fazenda Rio Grande que apresentou nos quatro pontos temperaturas entre 14,7° e 15,5°C. É possível que os ventos vespertinos predominantes do quadrante O-NO-N, tenham favorecido esta configuração. Destacou-se neste horário a mais baixa temperatura no Batel (12,6°C), reproduzindo o efeito de IF que havia às 6 horas da manhã neste local; observa-se que mesmo em dia encoberto, o efeito da altitude (920 a 950 m) associado à canalização dos ventos manteve as temperaturas baixas neste local. Repetiu-se, também, a temperatura mais elevada no Novo Mundo (16,4°C), perfazendo a intensidade máxima da IC neste horário de 3,8 K.

De modo geral, ao longo do dia, alguns locais permaneceram mais quentes, como: o Novo Mundo e Araucária, o Centro Histórico e o Cajuru (todos com alto grau de urbanização e impermeabilização do solo). No Xaxim, situado em meio à mancha urbana, mas sobre um topo e, portanto, bem ventilado, apresentou temperaturas amenas, ligeiramente mais baixas que seu entorno. Os locais mais frios variaram conforme o horário de medição entre o Sul, Fazenda Rio Grande (com exceção das 21 horas), Campo Comprido e Santa Felicidade, locais de maior altitude e situados a Oeste, e, nas primeiras e nas últimas medições, o Batel. A amplitude térmica dos locais monitorados variou de somente 0,5 K no Centro Histórico a 4 K em Fazenda Rio Grande.

### **As condições atmosféricas do AU-RMC no dia 20 de agosto de 2006**

Segundo o CPTEC/INPE (2006), no dia 18 se configurou uma baixa pressão junto ao litoral Sul do Brasil e do Uruguai, intensificando o anticiclone ao Norte da Argentina. Esta quarta massa de ar frio perdurou até o dia 19 sobre a Região Sul e o Mato Grosso do Sul, deslocando-se em seguida ao oceano. A frente fria, a ela relacionada, deslocou-se pelo litoral até o Rio de Janeiro, no dia 20. Associado à atuação do jato em altos níveis, este sistema causou, no dia 19 queda de granizo em várias localidades da Região Sudeste.

No âmbito do clima sub-regional e local, o SIMEPAR indicava para o dia 19 na RMC, tempo instável com previsão de chuvas rápidas e de fraca intensidade. Com a aproximação da massa de ar frio, a nebulosidade começou a diminuir no Extremo-Oeste e no Sudoeste, onde as temperaturas já declinavam significativamente.

Ainda no dia 20, de acordo com o CPTEC/INPE (2006), um novo sistema frontal surgiu no litoral da Argentina e Uruguai. Deslocando-se pelo interior e litoral do Brasil com velocidade, atingiu a Bahia, causando poucas chuvas, mas a massa de ar frio a ele associada rebaixou as temperaturas em várias localidades do país: desenvolveu-se da Região Sul até o Sul da Região Norte, passando pela Centro-Oeste.

Segundo o SIMEPAR, a massa de ar frio e seco, vinda da Argentina, deixou a atmosfera mais estável no Sul do país. No dia 20, em grande parte do Paraná o Sol predominou com poucas nuvens mas as temperaturas declinavam.

A Figura 4.18 mostra as condições sinóticas da América do Sul no dia 20 de agosto com a atuação dos sistemas atmosféricos sobre a Região Sul no início e no final do dia. Observam-se os dois sistemas frontais, a massa de ar seco e frio (MPa) na Região Sul e os centros de alta (A) e de baixa (B) pressão.

Conforme o CPTEC/INPE (2006), os dois sistemas frontais se acoplaram: o ciclone associado à frente fria na altura do Rio de Janeiro e o outro sistema mais ao Sul. A incursão da intensa massa de ar frio, provocou nos dias 20 a 22 uma queda brusca nas temperaturas na Região Sul, em parte de São Paulo, do Rio de Janeiro, Sul de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

### **A Termografia de Superfície no dia 20 de agosto de 2006**

A observação da configuração térmica intra-urbana foi realizada através da Termografia de Superfície do AU-RMC, obtida por meio da imagem de satélite Landsat 5 TM, de 20 de agosto de 2006, tomada às 13:04:49 horas GMT – 10:04:49 horas no Brasil. A imagem, cedida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foi empregada para a elaboração de duas cartas: o documento de base para a observação das temperaturas de superfície (Fig. 4.29) e a composição colorida que mostra o uso do solo da cidade e o relaciona à temperatura (Fig. 4.30). Conforme Collischon (1998, p. 127), a identificação das temperaturas das diferentes superfícies observadas por satélite é condicionada pela relação entre as dimensões destas superfícies e o tamanho do “*pixel*” – a menor unidade de representação matricial e neste caso, o “menor elemento da imagem apreendido instantaneamente no canal nº 6 (120 m x 120 m)”. Como o meio urbano é heterogêneo e composto por superfícies de dimensões geralmente inferiores ao limite de resolução espacial do sensor, a temperatura radiativa registrada correspondente a um “*pixel*” na imagem é a “soma das componentes individuais ponderada por suas respectivas superfícies”. Assim, a avaliação não estará relacionada à identificação térmica de cada elemento, mas à resposta térmica das principais estruturas da paisagem, como o centro-urbano, um bosque, setor industrial, etc. Desta forma, afirma a autora, a banda 6 se apropria à investigação do clima urbano, pois para uma influência climática significativa, as variações de temperatura de superfície devem ser suficientemente expressivas e representar uma área de certas dimensões.

A referida autora observa ainda que as estimativas das temperaturas de superfície a partir dos valores obtidos pelo TM 6 podem sofrer um desvio padrão de 0,5°C, não devendo ser consideradas como fontes exatas para cálculos térmicos.

Para obtenção da Termografia Infravermelha de Superfície, selecionou-se na imagem a área que compreende o AU-RMC. Em seguida foram trabalhados os contrastes dos níveis de cinza visando realçar as diferenciações das temperaturas de superfície.

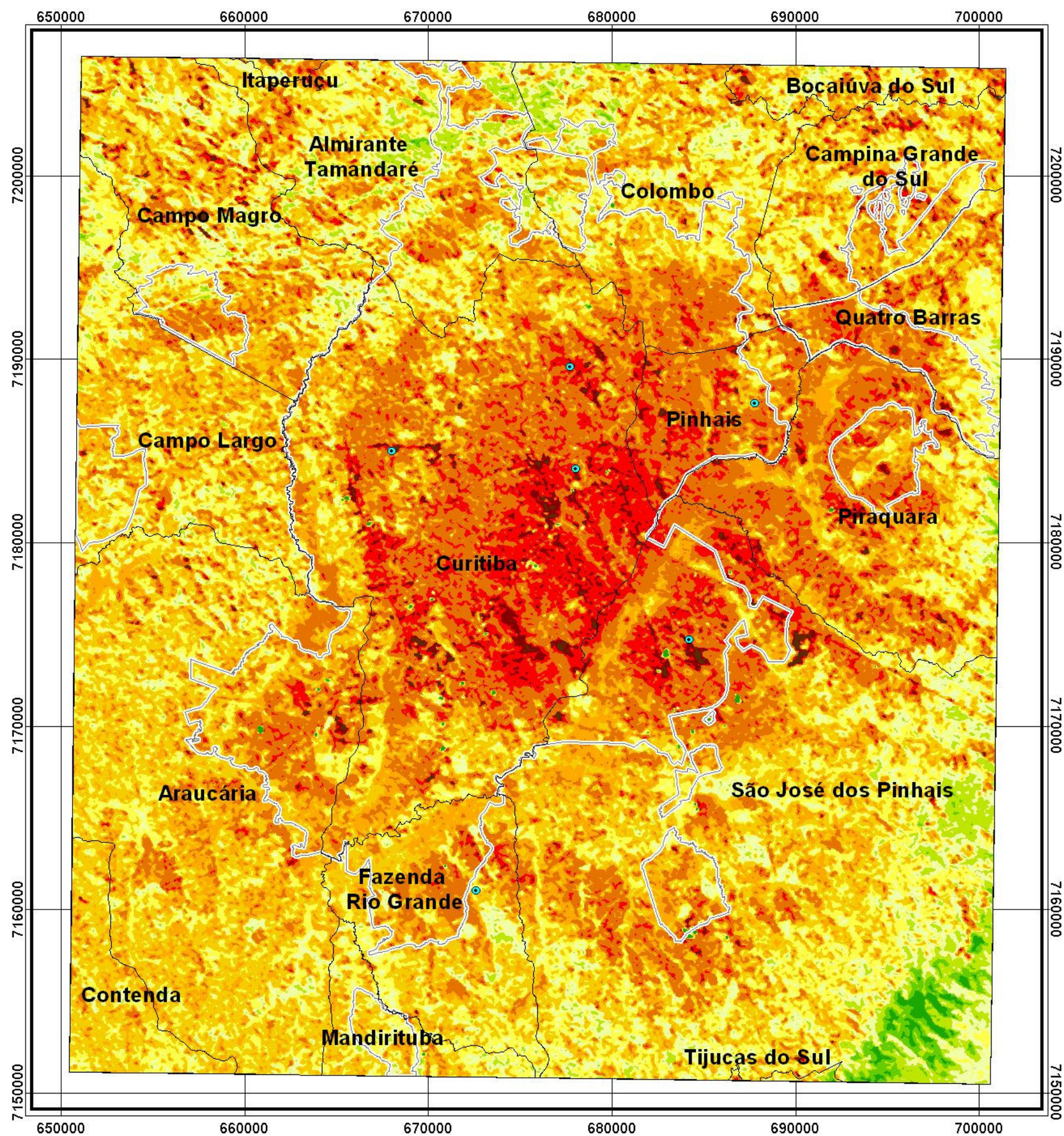


Conforme Bariou et al. (apud MENDONÇA, 1995), os “*pixels*” de uma imagem abrangem uma gama de tons de cinza de 0 (branco) a 255 (preto) que correspondem às temperaturas aparentes de 203,2 a 341 K para o Landsat 5 TM. Procedeu-se então ao agrupamento de “*pixels*” (tons de cinza na imagem), estabelecendo-se classes e atribuindo-se cores a estas, de forma a viabilizar a identificação das temperaturas no documento resultante. A variação das temperaturas do AU-RMC encontradas na cena Landsat 5 TM, tomada às 10:04:49 horas do dia 20 de agosto de 2006 (que foi, predominantemente de 10º a 20ºC), permitiu o estabelecimento de classes a cada 1ºC.

Os procedimentos adotados para o cálculo das temperaturas explanados no Apêndice G, permitiram a quantificação das diferenças térmicas das superfícies na área de estudo. A Termografia de Superfície do AU-RMC (Fig. 4.29), comparada à Carta de Uso do Solo/Albedo (Fig. 3.6) e Composição Colorida (Fig. 4.30) evidenciou:

- A individualização da mancha urbana em tons de alaranjado, vermelho e marrom (que representam temperaturas entre 16º e 20ºC), se destacando nitidamente de seu entorno onde os tons verde claro, amarelo e alaranjado claro (temperaturas de 13º a 15ºC) correspondem ao uso do solo rural, o qual mescla áreas de cultivo de pequenas dimensões e vegetação ora densa, ora mais esparsa. As superfícies das áreas urbanizadas são mais aquecidas devido aos solos mineralizados, de maior albedo do que as áreas vegetadas, úmidas e escuras.
- Uma diferença de 11 K (temperaturas entre 10º e 20ºC), na área do recorte espacial no momento do imageamento, às 10 horas da manhã.
- As temperaturas baixas (10ºC) são representadas em verde escuro no Sudeste da área de estudo, localizada no município de São José dos Pinhais, área de elevada altitude, topografia variada e vegetação densa na Serra do Mar. As áreas vegetadas costumam se caracterizar por temperaturas mais baixas devido ao albedo, mas também devido a evapotranspiração dos vegetais, por interceptarem a radiação solar sem armazená-la significativamente, além de sombrearem o solo e ao mesmo tempo permitirem a ventilação; porém são permeáveis às radiações de onda curta.
- Temperaturas também baixas (11º a 12ºC) em tons de verde intermediários, ocorreram ao Norte, no município de Almirante Tamandaré e à Noroeste, em Colombo – caracterizadas por altitudes elevadas, topografia variada e vegetação densa. Porém, nestes locais as baixas temperaturas se mesclam a temperaturas mais altas representadas em vermelho (16º a 17ºC) nas áreas urbanizadas e temperaturas intermediárias em seu entorno rural, em amarelo (13º a 14ºC).



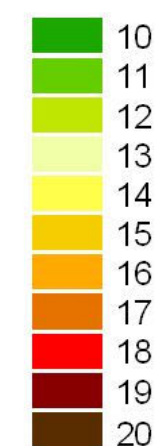


**Figura 4.29 - AU - RMC: Termografia Infravermelha de Superfície - 20 de Agosto**

**Legenda:**

- Estações Meteorológicas
- Aglomerado Urbano da RMC
- Limites Municipais

**Temperatura [°C]**



Escala: 1:250.000

Fonte: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Imagem LANDSAT-5 TM, 220-078,  
20 de agosto de 2006, aprox. 10 horas

Base Cartográfica: SEMA, MINEROPAR (2002)

Concepção: Dumke E. 2007  
Elaboração: Lohmann M. 2007





**Figura 4.30 - AU - RMC: Composição Colorida - 20 de Agosto**

**Legenda:**

- Estações Meteorológicas
- Aglomerado Urbano da RMC
- Limites Municipais
- Imagem Landsat 5 - Sensor TM - Composição 1(B), 5(G), 6(R)



Escala: 1:250.000

Fonte: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
 Imagem LANDSAT-5 TM, 220-078,  
 20 de agosto de 2006, aprox. 10 horas  
 Base Cartográfica: SEMA, MINEROPAR (2002)  
 Concepção: Dumke E. 2007  
 Elaboração: Lohmann M. 2007



- A mancha que caracteriza o AU-RMC, em tons de alaranjado, vermelho e marrom (temperaturas de 16º a 20ºC), compreende as áreas urbanizadas, as superfícies de solo exposto e os corpos d'água. Observam-se as represas do Passaúna a Oeste e do Irai a Leste, além de alguns trechos do Rio Iguaçu, em tons de alaranjado (16º a 17ºC): menos aquecidos que as áreas urbanizadas mas destacando-se pelas temperaturas mais elevadas do que as áreas rurais. Os ambientes aquáticos devido à sua inércia térmica e à evaporação, tendem a se aquecer e se esfriar mais lentamente que o entorno. Ao Sul de São José dos Pinhais e se estendendo até Fazenda Rio Grande uma mancha alaranjada e vermelha (16º, 17º e 18ºC) corresponde a uma área onde predominam principalmente os solos expostos, vegetação esparsa e cultivo. Os solos expostos ao Sul de Curitiba e nas imediações da represa do Irai também apresentam estas temperaturas.
- Verificam-se de modo geral, as temperaturas mais elevadas na área urbanizada, porém não de maneira uniforme, assim como a cidade não se apresenta homogênea. Não são as áreas mais verticalizadas do centro e dos setores estruturais de modo geral, a apresentar as temperaturas mais altas, embora predominem as temperaturas de 17ºC nestes locais – o que pode ser explicado pelo sombreamento dos edifícios impedindo o atingimento das superfícies pela radiação solar direta. Mesmo assim as temperaturas são bastante elevadas neste local devido à produção urbana de calor e à massa térmica das edificações.
- Comparando-se a distribuição das temperaturas na Termografia de Superfície (Fig. 4.29) à Carta de Uso do Solo (Fig. 3.6), é interessante notar que não há coincidência entre a área urbana mais adensada e as de maior calor, entretanto estas seguem à mancha de conurbação, grosso modo.
- O vento, neste horário, era proveniente do SO, conforme o SIMEPAR. Embora uma massa de ar frio de origem polar (MPa) dominasse a região, observa-se que um bolsão de ar quente representado pela mancha mais vermelha e marrom (18º a 20º C), se desloca para Leste/Sudeste de Curitiba, se situando ao centro do Aglomerado Urbano e abrangendo os bairros do Cajuru, Rebouças, Boqueirão, Uberaba e o Xaxim. Após o efeito oásis ao longo do vale do Iguaçu, estas temperaturas ressurgem de forma mais esparsa em São José dos Pinhais. Estas temperaturas aparecem ainda de forma esparsa na CIC e em alguns locais de Araucária.
- Nota-se nitidamente a ilha de frescor sobre os parques urbanos e áreas verdes a

Oeste, Noroeste e Norte de Curitiba, bem como do Parque Iguaçu entre Curitiba e os municípios mais ao Sul (Fazenda Rio Grande e São José dos Pinhais). Na região dos mananciais, nos municípios do Leste também são claros os efeitos do rebaixamento das temperaturas acompanhando os fundos de vale.

- É interessante observar como alguns eixos de transporte são identificáveis na Termografia Infravermelha de Superfície formando linhas vermelhas (18°C), devido à superfície asfaltada e ao trânsito de veículos: como a rodovia BR-277, tanto à Oeste, em Campo Largo, como à Leste, em São José dos Pinhais e a BR-116, em Quatro-Barras e em Fazenda Rio Grande, e mesmo a Avenida Juscelino Kubitschek de Oliveira ao longo da CIC.
- As temperaturas mais elevadas (19º e 20ºC) em tons de marrom, ocorreram em algumas áreas de alto grau de urbanização, grandes áreas asfaltadas, como os dois Aeroportos (São José dos Pinhais e Bacacheri) e alguns setores industriais na CIC, em Araucária e em São José dos Pinhais (Renault e Audi). Destacam-se ainda, as proximidades de cruzamentos de importantes vias de transporte em áreas intensamente urbanizadas como o da rodovia BR-116 com a Avenida Marechal Floriano Peixoto; o cruzamento das rodovias BR-116 e BR-277, próximo ao Centro Politécnico da UFPR e, ainda, o cruzamento da BR-116 com a Avenida Wilson Churchill, próximo ao terminal do Pinheirinho.
- Como a estrutura e a forma urbanas diferem da cidade tradicional na qual a área comercial e verticalizada (CBD) se localiza no centro e ao redor do qual a densidade urbana se reduz gradativamente, o AU-RMC não se caracteriza como uma ilha de calor conforme os estudos de Oke (1978). Ao contrário, esta cidade se caracteriza por uma topografia edificada orientada por eixos estruturais verticalizados no município pólo e pela urbanização polinucleada como um todo, e se estende sobre áreas diversificadas também quanto às características naturais do sítio. Embora a mancha urbana se caracterize como uma ilha de calor em relação à zona rural circunvizinha, num exame mais detalhado os efeitos térmicos da urbanização, da industrialização, da densidade da cobertura vegetal e da topografia são constatados nitidamente mediante a variabilidade das temperaturas encontradas na imagem termal, conforme as diferenciações das paisagens intra-urbanas. Portanto os resultados encontrados quanto ao clima desta aglomeração urbana, corroboram a afirmação de Mendonça e Dubreuil (2005, p. 29):

Esta diferenciação de paisagens intra-urbanas reflete a diversidade da organização do espaço e do uso do solo local-regional e, uma vez associados ao processo radiativo, evidenciam a formação de ilhas de calor alternadas com ilhas de frescor (arquipélagos de ilhas de calor e de frescor) tanto intra-aglomeração quanto nos espaços periurbanos.

### **Relação entre as temperaturas de superfície e a temperatura do ar**

Comparando-se os resultados das duas técnicas empregadas para a avaliação do clima no AU-RMC no dia 20 de agosto, os dados coletados pelas estações meteorológicas e os obtidos pela imagem termal, constatou-se que as temperaturas de superfície apresentaram-se mais elevadas em 2,4° a 5,6°C em relação às temperaturas do ar tomadas a 1,5 metro de altura pelas estações meteorológicas, dependendo do local. Verificou-se que as superfícies mineralizadas da área urbana se aqueceram mais rapidamente que o ar, numa situação típica de inverno, sob o domínio da MPa. A Tabela 4.11 apresenta os valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar nas estações meteorológicas tomadas no mesmo horário do imageamento por satélite, às 10 horas da manhã do dia 20 de agosto de 2006.

TABELA 4.11 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C], Umidade Relativa do Ar [%] e Temperatura de Superfície [°C] – 20.agosto.2006 às 10 horas

Estações Meteorológicas		Temperatura do Ar (°C)	UR do Ar (%)	Temperatura de Superfície (°C)
<b>A</b>	Simepar - Curitiba - UFPR	12,4	63,5	18,00
<b>C</b>	Curitiba - Aeroporto (SBCT)	13,5	51	18,00
<b>D</b>	Curitiba - Bacacheri (SBBI)	13,6	57	17,00
<b>E</b>	Campo Comprido	13,2	44	16,00
<b>F</b>	PUC - Fazenda Rio Grande	10,38	100	13,00

A Tabela 4.12 apresenta as variáveis climáticas coletadas na estação meteorológica do SIMEPAR na UFPR, nos horários padronizados pela OMM (6, 9, 15 e 21 horas) e no horário da captação da cena Landsat 5 TM (10 horas).

TABELA 4.12 – AU-RMC: variáveis climáticas – 20.agosto.2006 às 10 horas

Instituto Tecnológico SIMEPAR - Estação Meteorológica de Curitiba - UFPR							
	Chuva (mm)	Temperatura (°C)	UR (%)	Radiação (W/m²)	Pressão Atm (hPa)	Vento (m/s)	Direção Vento
6	0	9,8	99,4	0	910,1	2,4	O
9	0	10,8	82,6	243	912,4	5,9	O
<b>10</b>	<b>0</b>	<b>12,4</b>	<b>63,5</b>	<b>392</b>	<b>912,9</b>	<b>3,1</b>	<b>SO</b>
15	0	17,2	38,1	483	911,5	1,3	S
21	0	12,8	53,9	0	913,9	1,7	SO

O aquecimento mais rápido das superfícies também foi responsável pela maior intensidade da IC no nível das superfícies (5 K) em relação à IC da temperatura do ar a 1,5 m de altura (3,2 K), em se comparando os mesmos pontos, ou seja as estações meteorológicas de PUC-Fazenda Rio Grande e do Aeroporto do Bacacheri. O índice de umidade relativa do ar também se apresentou menor sobre a mancha urbana do que em seu entorno rural.

### **As condições atmosféricas do AU-RMC no dia 21 de agosto de 2006**

O Boletim Técnico do dia 21 indicava, nos níveis mais altos da troposfera, a associação das duas frentes frias, uma delas muito intensa e associada ao Jato Polar, com seu trajeto condicionado por um intenso cavado. Em superfície, um intenso anticiclone extratropical se encontrava no Atlântico e dele se estendia uma frente fria até o Rio de Janeiro, deslocando-se rapidamente. Um anticiclone pós-frontal já predominava na Argentina, no Paraguai e na Região Sul do Brasil, onde as temperaturas caíram bruscamente (CPTEC/INPE, 2006).

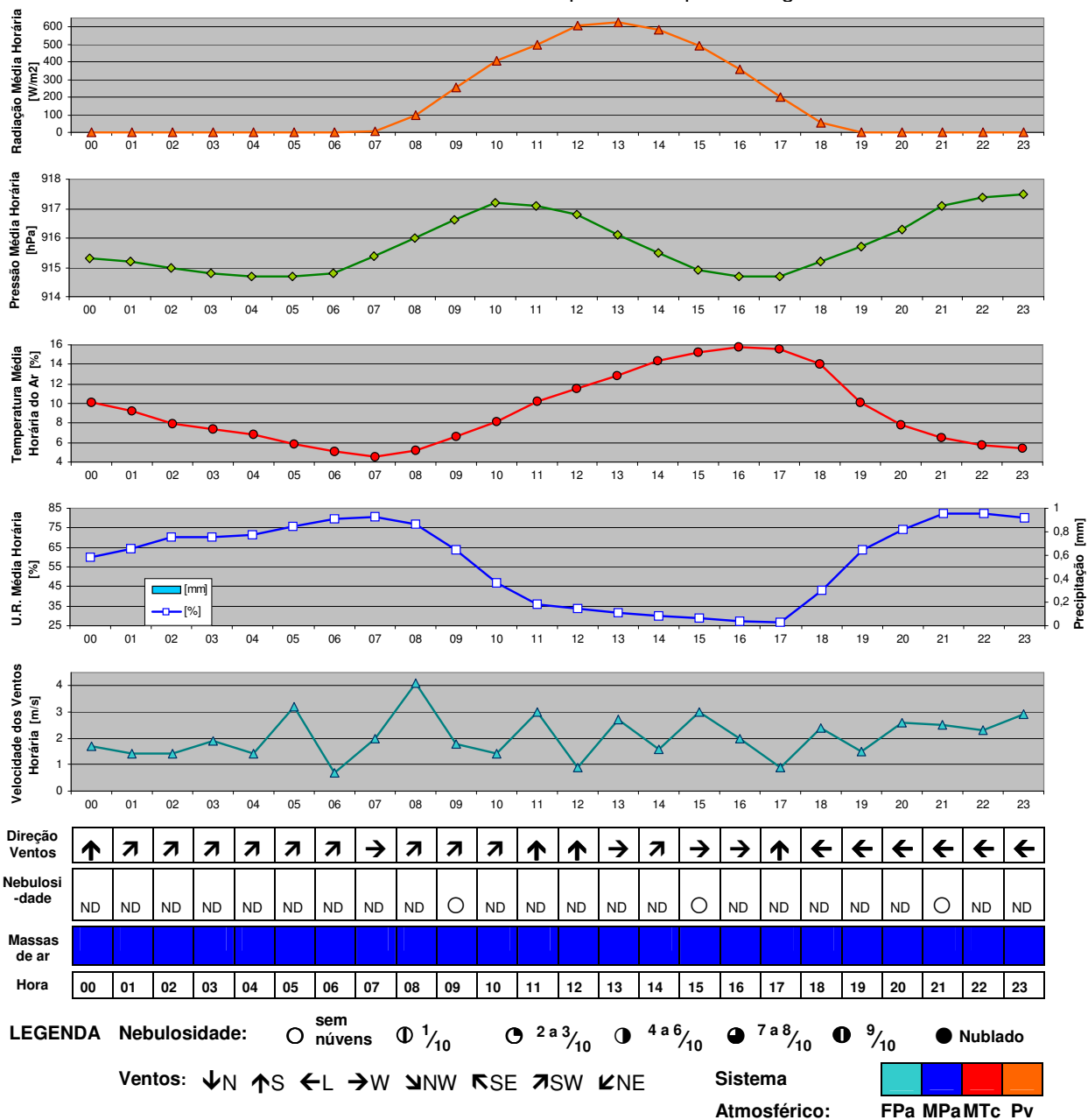
No dia 21, as temperaturas estavam baixas no Sul, e declinavam no Centro-Sul das Regiões Centro-Oeste e Sudeste e também os estados do Acre e de Rondônia, foram atingidos pelo fenômeno da “friagem”. Neste dia, a cidade de Brasília-DF apresentou uma umidade relativa do ar de 5 %; em São Joaquim-SC a temperatura mínima atingiu a marca de 4,6°C negativos; no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina ocorreu geada; em Urupema-SC, chegou a nevar (METAR, INMET e METSUL apud CPTEC/INPE, 2006). A Figura 4.19 mostra as condições sinóticas no dia 21 de agosto.

Segundo o SIMEPAR, dia 21, no Paraná, a ausência de nuvens e os ventos calmos favoreciam a rápida redução das temperaturas. O início do dia foi marcado pelo frio intenso, geadas em grande parte das regiões e temperaturas negativas no Planalto Central. As imagens sinóticas (Fig. 4.19) apresentam a atuação da massa de ar seco e frio (MPa) avançando da Argentina e do Uruguai sobre a Região Sul às 6:45 e às 11:45 horas e os centros de alta pressão (A).

O tempo estável devido à massa de ar frio e seco perdurou no dia 22, em todo o Sul do país, com temperaturas bastante baixas e ocorrência de geadas no Paraná. Com o predomínio do Sol, as temperaturas voltaram a subir gradualmente. Porém, nos dias 23 e 24 as temperaturas ainda se apresentaram bastante baixas, principalmente pela manhã, com ocorrência de geadas. A Figura 4.31 apresenta a Análise Rítmica da dinâmica atmosférica no dia 21 de agosto.



FIGURA 4.31 – AU-RMC: Análise Rítmica Horária e tipos de tempo – 21.agosto.2006

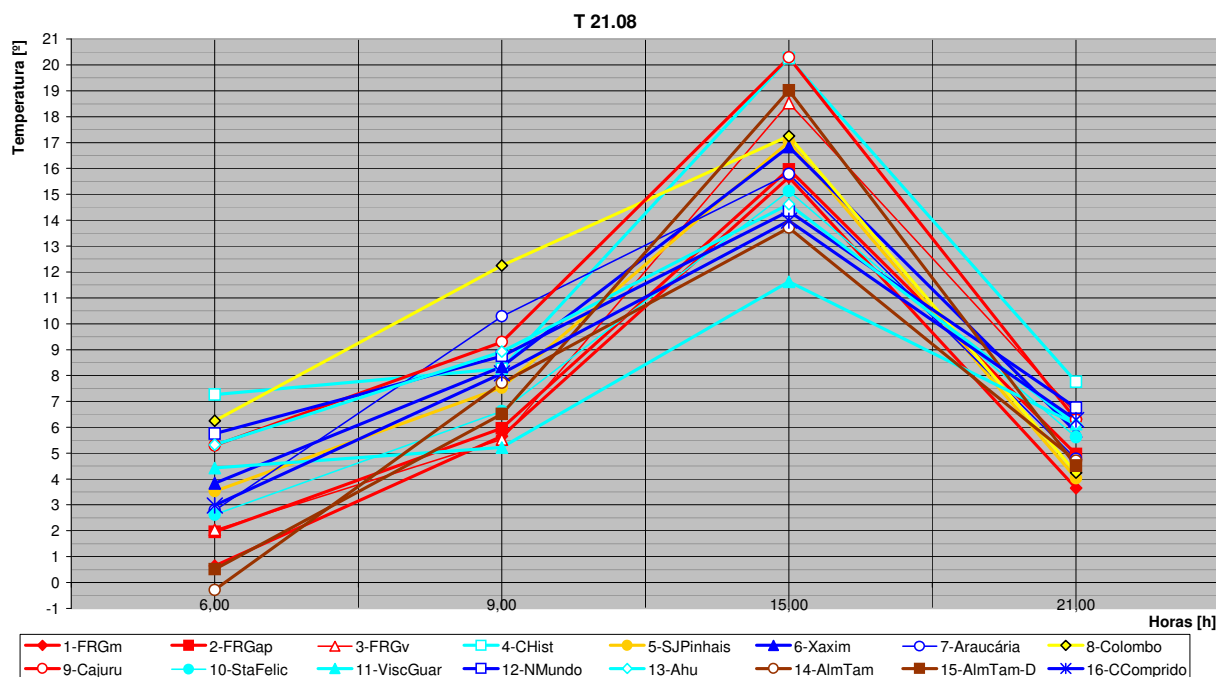


FONTE: SIMEPAR/INMET, 2006

Organização: Eliane Dumke

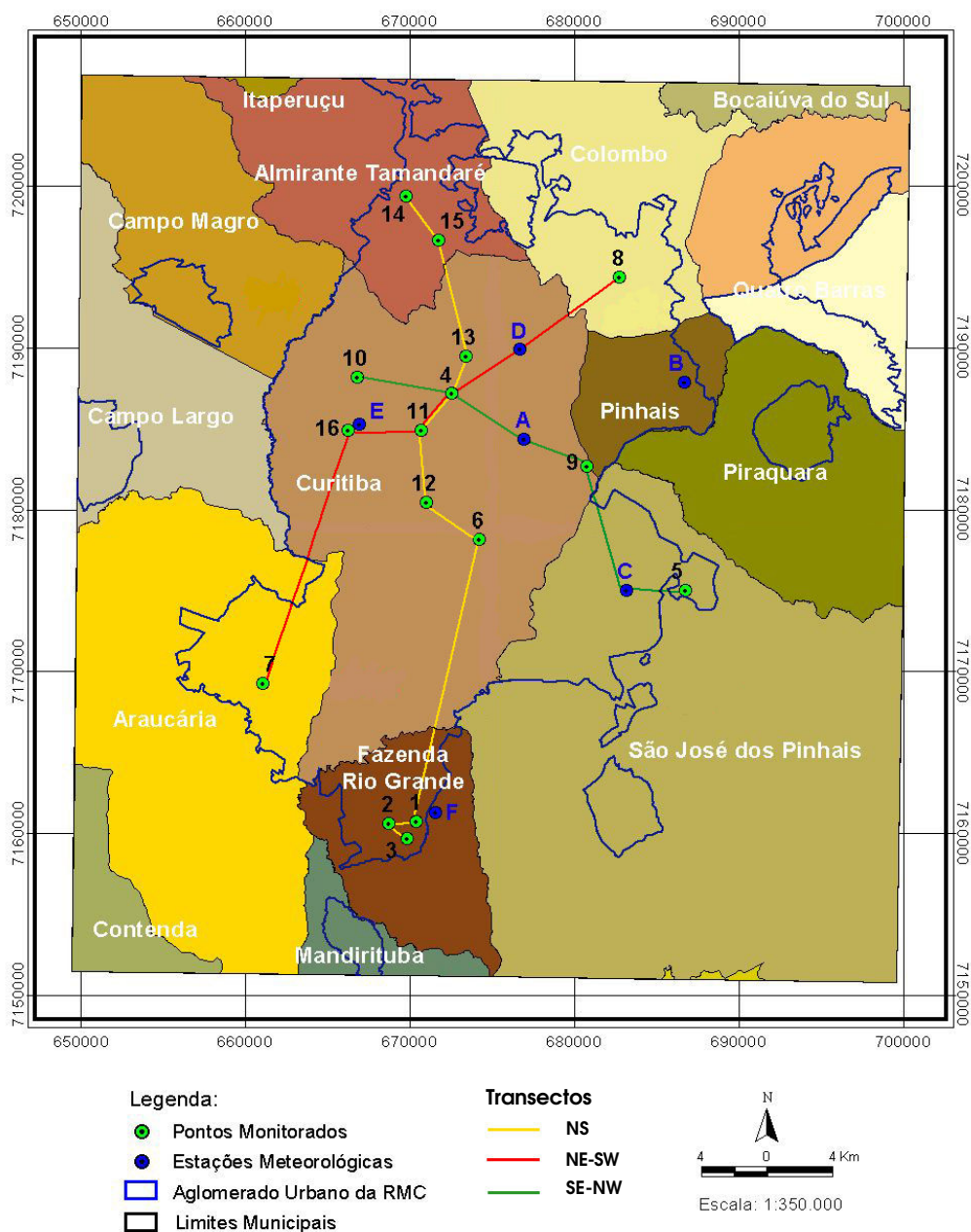
Na Análise Rítmica do dia 21 de agosto, se observa a variação climática típicas sob as condições de domínio da Massa Polar Atlântica (MPa). As temperaturas registradas pelo SIMEPAR no Centro Politécnico da UFPR atingiram o mínimo de 4,6°C às 7 horas da manhã, mas foram gradativamente aquecidas pela radiação solar disponibilizada pelo céu claro, atingindo a máxima de 15,8°C às 16 horas. Destacam-se os baixos índices de umidade relativa do ar entre as 10 e 18 horas, chegando a 26,8% às 17 horas. O vento predominou do quadrante O-SO-S até as 17 horas, quando passou a predominar do Leste. A velocidade do vento foi bastante variável, atingindo 4,1 m/s às 8 horas da manhã. A Figura 4.32 traz os dados de temperatura do ar [°C] coletados em campo e subsidia as análises a seguir.

FIGURA 4.32 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] nos pontos monitorados – 21.agosto.2006



No caso dos dias 21 e 29 de agosto, nos quais foi possível monitorar um maior número de locais e sob condições atmosféricas favoráveis, as variações climáticas intra-urbanas do AU-RMC podem ser avaliadas por meio de gráficos temporo-espaciais. A leitura simultânea dos gráficos da temperatura do ar e da umidade relativa do ar permite a comparação das condições de conforto térmico ao longo do dia nos diversos locais ao longo dos transectos. A Figura 4.33 localiza os transectos N-S, SE-NW e NE-SW representados nos gráficos temporo-espaciais.

FIGURA 4.33 – AU-RMC: Transectos considerados nos gráficos temporo-espaciais



No transecto Norte-Sul (Fig. 4.34), nos horários de medição, as temperaturas mais baixas ocorreram às 6 horas ao Sul do AU-RMC nos pontos monitorados em Fazenda Rio Grande, bem como no extremo Norte, em Almirante Tamandaré (nº 14). Estes locais apresentam também as maiores amplitudes térmicas. As áreas mais centrais e mais adensadas do AU-RMC apresentaram menor amplitude térmica diária, porém padrão térmico diferenciado: as temperaturas mais elevadas no Centro Histórico no decorrer de todo o dia contrastaram com as temperaturas encontradas no Batel, sobretudo às 15 horas, quando foram as mais baixas de todo o transecto.

FIGURA 4.34 – AU:RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto N-S – 21.agosto.2006

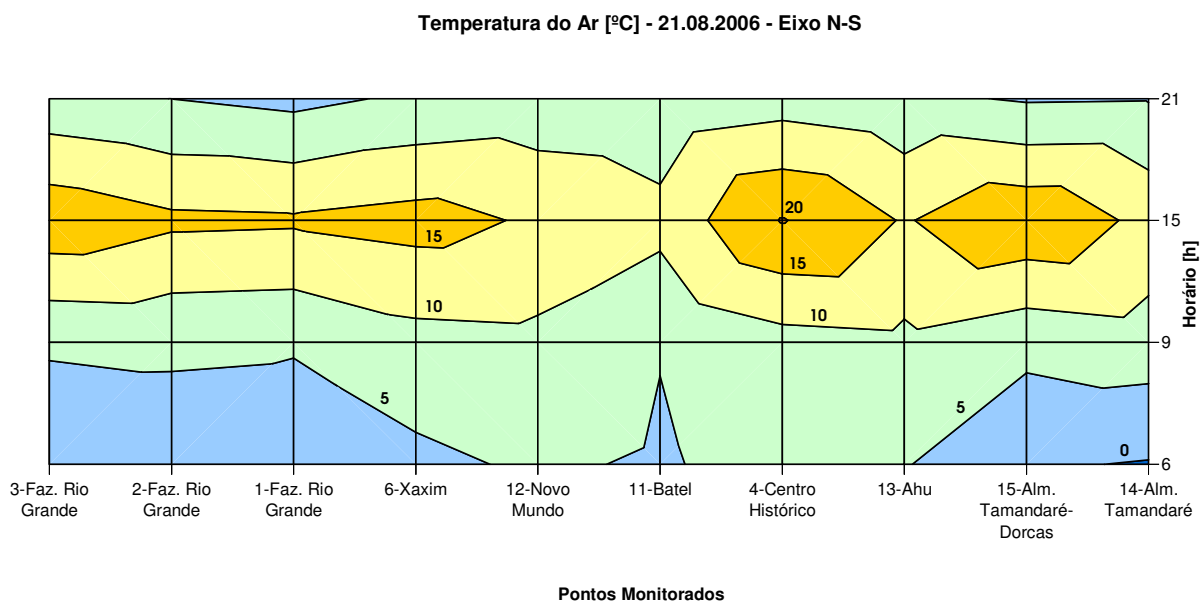
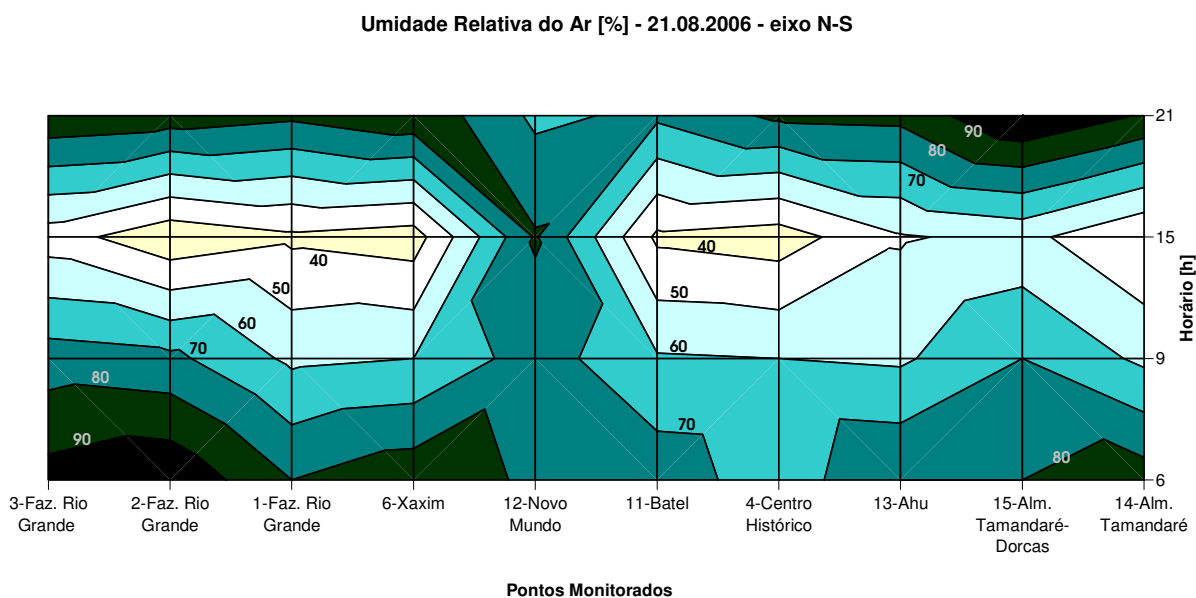


FIGURA 4.35 – AU-RMC: Umidade Relativa do Ar [%] no transecto N-S – 21.agosto.2006



O Novo Mundo e o Ahu apresentam temperaturas medianas e baixa amplitude térmica, possivelmente por sua proximidade as áreas de urbanização mais adensadas. O Ahu se encontra em uma área privilegiada quanto às características

da natureza e da sociedade. Já no Novo Mundo, as medições devem ter sido afetadas pela configuração urbana, com sombra e pouca ventilação.

A umidade relativa ao longo do mesmo transecto Norte-Sul (Fig. 4.35), mantém uma certa correspondência ao inverso da temperatura do ar, conforme esperado, com maior umidade quando as temperaturas foram mais baixas e ar mais seco quando as temperaturas foram mais elevadas. Porém, esta relação não é direta, devido à complexidade das interações entre os fatores que formam o clima intra-urbano. Destaca-se a alta umidade relativa do ar no Novo Mundo (onde a proximidade das habitações não permite a ventilação e a insolação adequadas). Em contraposição, ocorreram baixos índices de umidade no Batel, onde o ponto monitorado se encontra em área urbana adensada e verticalizada, porém ventilada.

Os gráficos temporo-espaciais do transecto SE-NW para o dia 21 de agosto (Fig. 4.36 e 4.37), revelam o padrão termo-higromérico resultante da interação entre os diversos elementos da urbanização, do sítio e das atividades antropogênicas. As áreas de urbanização mais adensada, mais impermeabilizadas e de baixa declividade, o Cajuru e o Centro Histórico, apresentam temperaturas mais elevadas que as demais, em todos os horários, sugerindo o efeito de IC, enquanto a estação do SIMEPAR situada entre estes dois locais, mesmo inserida na mancha urbana, sugere a existência de uma IF, devido a sua maior cobertura vegetal, topografia variada e localização favorável à ventilação.

Destas características resultam também diferenciados índices de umidade: a maior ventilação resultou em ar mais seco nas estações meteorológicas do SIMEPAR e do Aeroporto de São José dos Pinhais no horário das 15 horas. O Cajuru, situado sobre importante fundo de vale, apresenta uma taxa de umidade relativa bem maior do que a do Centro Histórico, embora as temperaturas tenham apresentado o mesmo padrão.

Destacam-se ainda, tanto pelas baixas temperaturas do ar pela manhã e à noite e pelos altos índices de umidade relativa, São José dos Pinhais (situado em fundo de vale) e Santa Felicidade, respectivamente nos extremos SE e NW do transecto. Estes locais se caracterizam por uma topografia variada, uma maior cobertura vegetal, menor adensamento e proximidade de áreas rurais.

FIGURA 4.36 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto SE-NW – 21.agosto.2006

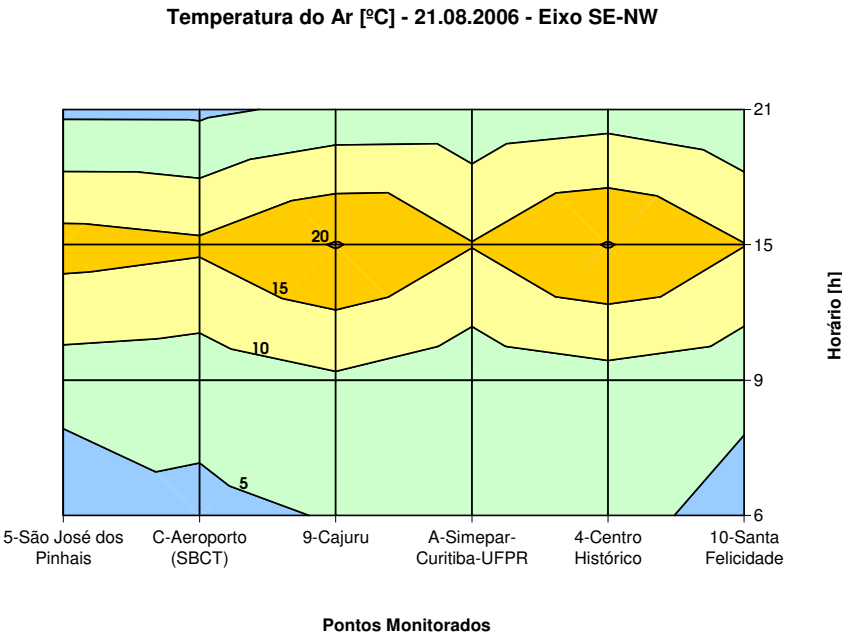


FIGURA 4.37 – AU-RMC: Umidade Relativa do Ar [%] no transecto SE-NW – 21.agosto.2006

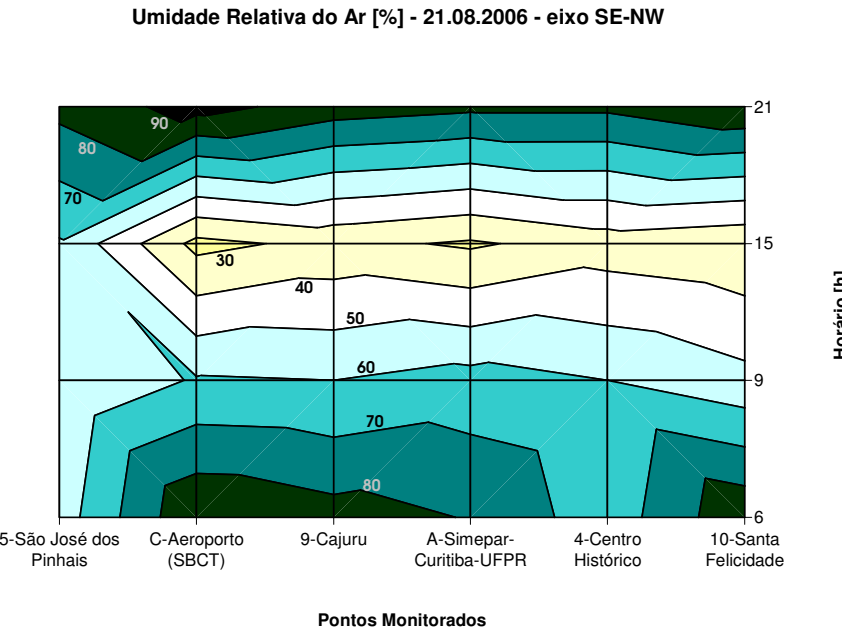




FIGURA 4.38 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto NE-SW – 21.agosto.2006

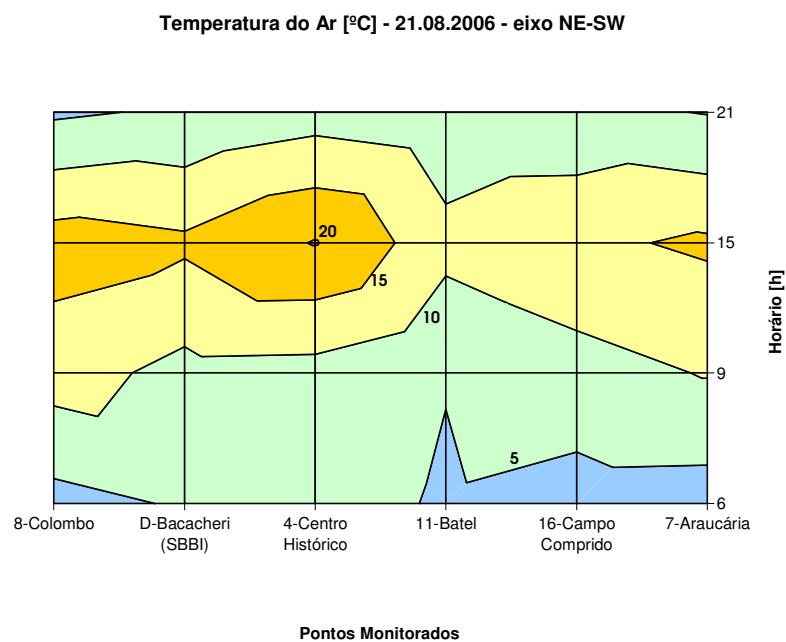
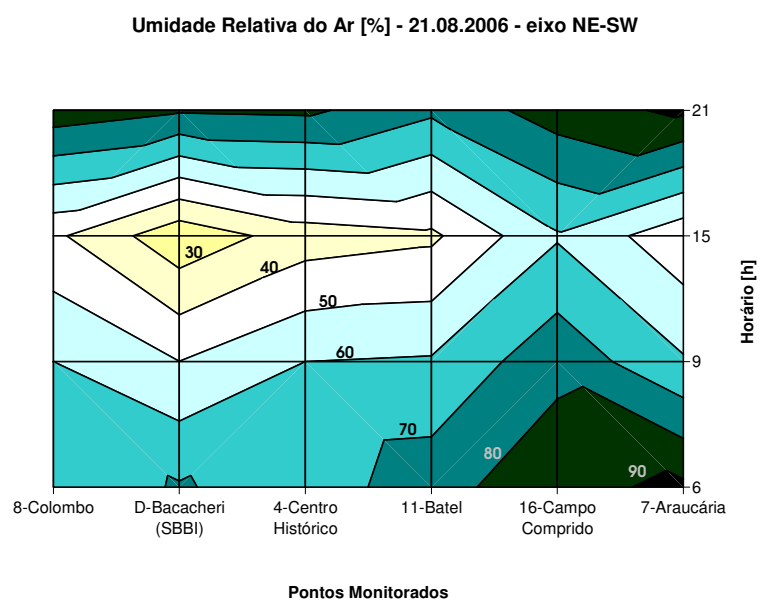


FIGURA 4.39 – AU-RMC: Umidade Relativa do Ar [%] no transecto NE-SW – 21.agosto.2006

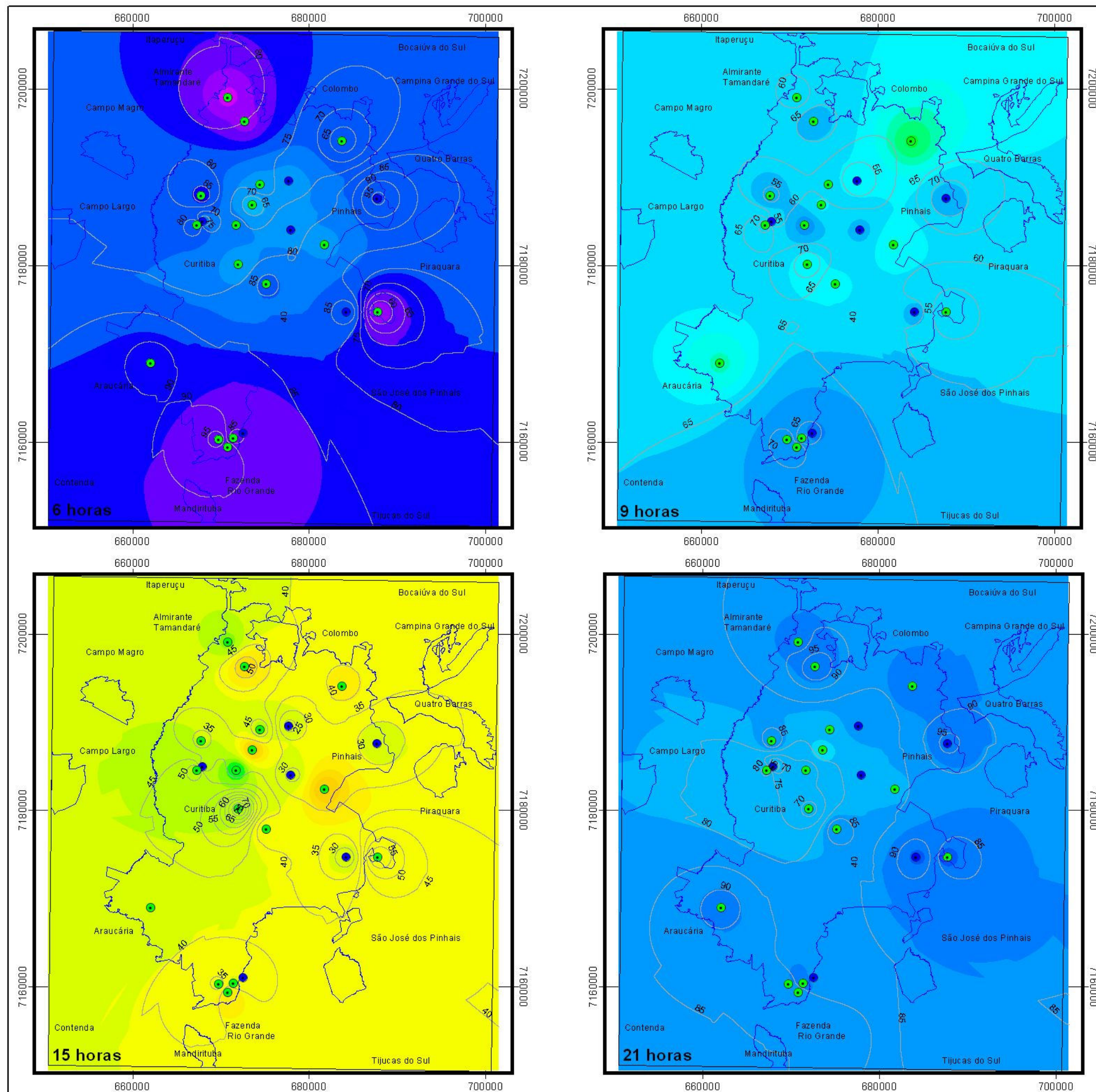


Os gráficos temporo-espaciais do transecto NE-SW para o dia 21 de agosto (Fig. 4.38 e 4.39), repetem o padrão de maiores amplitudes térmicas nas áreas mais periféricas. A particularidade deste transecto é sua divisão em duas partes distintas conforme as características térmicas. A partir de Colombo, no Nordeste, passando pelo Bacacheri e incluindo o Centro Histórico, as temperaturas são bem mais elevadas e os índices de umidade relativa do ar são mais baixos do que no segmento Sudoeste do Batel até Araucária, passando pelo Campo Comprido, onde as temperaturas são mais baixas e maiores as taxas de umidade.

Neste transecto que passa por áreas bastante urbanizadas, o Campo Comprido localizado na porção Oeste de Curitiba, em área de altitude elevada, topografia variada e com maior superfície de áreas verdes, se destaca pelo frio e pelo alto índice de umidade. As temperaturas elevam-se um pouco em direção a Araucária, a SW, mas atingem os maiores valores no sentido NE, nas áreas mais densamente urbanizadas, o Centro Histórico, o Bacacheri e Colombo, porém não na área mais verticalizada (Batel). Nesta área, as temperaturas foram baixas pela manhã e amplitude térmica diária reduzida, provavelmente devido à massa térmica das edificações e à falta da radiação solar barrada pelo sombreamento dos altos edifícios.

Na Figura 4.40 as isolinhas do dia 21 de agosto apresentam elevada amplitude térmica diária, com as cores variando desde os tons de lilás, com temperaturas negativas, passando pelo azul, verde amarelo e chegando aos tons de laranja (em torno de 20°C). De fato, a menor temperatura registrada nas medições deste dia 21 de agosto em Almirante Tamandaré (nº 14), aonde chegou à -0,3°C. No mesmo município, em Almirante Tamandaré-Dorcas (nº 15), com 0,5°C às 6 horas e 19,0°C às 15 horas, ocorreu a maior amplitude térmica diária entre os locais monitorados: uma diferença de temperatura da ordem de 18,5 K no mesmo local no mesmo dia.

Em contraposição, as temperaturas mais elevadas registradas nestes mesmos horários ocorreram no Centro Histórico: com 7,3°C às 6 horas e 20,3°C às 15 horas. A menor amplitude térmica diária, foi no Batel, com respectivamente 4,4°C e 11,6°C, perfazendo uma amplitude térmica de 7,2 K – expressivamente diferente daquela encontrada em Almirante Tamandaré.



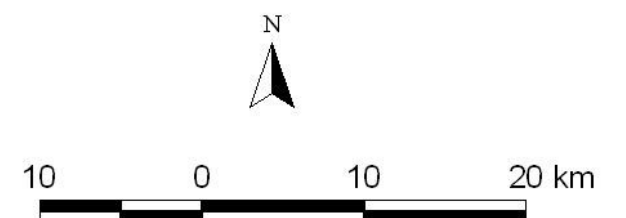
**Figura 4.40 - AU - RMC - Isolinha para o dia 21 de Agosto de 2006 - às 06,09,15 e 21 horas**

**Legenda:**

- Pontos Monitorados
- Estações Meteorológicas
- Isoigras
- Aglomerado Urbano da RMC
- Limites Municipais

**Temperatura [°C]**

	> 0		16 - 17
	0 - 1		17 - 18
	1 - 2		18 - 19
	2 - 3		19 - 20
	3 - 4		20 - 21
	4 - 5		21 - 22
	5 - 6		22 - 23
	6 - 7		23 - 24
	7 - 8		24 - 25
	8 - 9		25 - 26
	9 - 10		26 - 27
	10 - 11		27 - 28
	11 - 12		28 - 29
	12 - 13		29 - 30
	13 - 14		30 - 31
	14 - 15		31 - 32
	15 - 16		32 - 33



Escala: 1:450.000

Base Cartográfica: SEMA, MINEROPAR (2002)  
 Concepção: Dumke, E. 2007  
 Elaboração: Lohmann, M. 2007

Na carta das 6 da manhã destaca-se a nítida IC sobre grande parte de Curitiba, extravasando para o Leste e abrangendo uma parcela dos municípios de Pinhais, Piraquara e São José dos Pinhais – justamente sobre a mancha urbana mais evidenciada. As temperaturas apresentaram-se bem mais baixas mais à Leste (periferia de São José dos Pinhais), Norte (Almirante Tamandaré) e Sul (Fazenda Rio Grande). A intensidade da IC neste horário foi de 7 K.

Às 9 horas, as condições térmicas se alteraram diferenciadamente apresentando um aquecimento mais rápido nos locais monitorados em Colombo (12,3°C) e Araucária (10,3°C) ambos com intensa atividade industrial, que se destacam como ilhas de calor, em oposição ao Batel (5,3°C), somente mais quente neste horário do que a estação meteorológica da PUC-Fazenda Rio Grande (4,5°C). Neste caso, a cidade apresentou temperaturas mais frescas do que seu entorno, se aproximando mais de uma IF com 7,0 K de intensidade, e 7,8 K considerando-se a estação PUC-Fazenda Rio Grande.

Às 15 horas, o Centro Histórico e o Cajuru aparecem como locais mais aquecidos, com 20,3° C, seguidos por Almirante Tamandaré, nº 14 (19° C) e Fazenda Rio Grande, nº 3 (18,5°C), enquanto a temperatura mais baixa, ocorre na área urbana mais adensada e verticalizada, o Batel (11,6°C), que configura uma IF, de 8,7 K de intensidade (em oposição ao Centro Histórico, também em área de urbanização mais adensada, mas não verticalizada, e ao Cajuru). A baixa temperatura no Batel em relação aos outros locais se deve ao sombreamento, uma vez que neste horário e com céu claro, a radiação solar é bastante significativa; mas associa-se também à ventilação de 3 m/s, que neste horário era proveniente do Norte, favorecida pela topografia natural (sentido Norte-Sul) em conjunto com a topografia edifica.

Às 21 horas, novamente as condições climáticas se alteram e a cidade volta a configurar uma IC, embora de menor intensidade: com 4,1 K de diferença entre o ponto menos aquecido, em Fazenda Rio Grande, nº 1, com 3,7°C e o mais aquecido no Centro Histórico, com 7,8°C de temperatura.

No dia 21 de agosto de 2006, sob o domínio de forte MPa e, portanto, de grande amplitude térmica, a tendência da cidade foi se configurar como ilha de calor à noite e ilha de frescor durante o dia. As IC as 6 e das 21 horas, apresentaram menor intensidade (7 e 4,1 K) do que às IF as 9 e 15 horas (7,1 e 8,7 K respectivamente).



### **As condições atmosféricas do AU-RMC no dia 29 de agosto de 2006**

Para o CPTEC/INPE (2006), a quinta massa de ar frio atuou no litoral do Paraná e de São Paulo entre os dias 22 e 24, junto à frente fria a ela associada. Dia 25 o tempo permaneceu estável, com elevação das temperaturas e do índice de umidade relativa do ar.

No dia 26, configurou-se a última frente fria do mês, a partir de um centro de baixa pressão à Oeste do Rio Grande do Sul e sobre o Uruguai, enquanto se intensificam as áreas de instabilidade em São Paulo e no Mato Grosso do Sul, com rajadas de vento em localidades do Paraná, do Mato Grosso do Sul e de São Paulo. Esta frente fria, intensificada pelas atividades atmosféricas em altos níveis, se deslocou pelo litoral da Argentina até a Bahia até o dia 31, quando passou a se deslocar sobre o oceano. No dia 27, seguindo a frente fria, a sexta e última massa de ar frio continental vinda dos Andes penetrou ao Oeste do Rio Grande do Sul, chegando entre os dias 28 a 30 até a Região Centro-Oeste. No dia 31 o centro do anticiclone localizava-se sobre o oceano, mas causou intensa nebulosidade e rebaixamento de temperaturas na faixa litorânea do Rio Grande do Sul à Bahia (CPTEC/INPE, 2006).

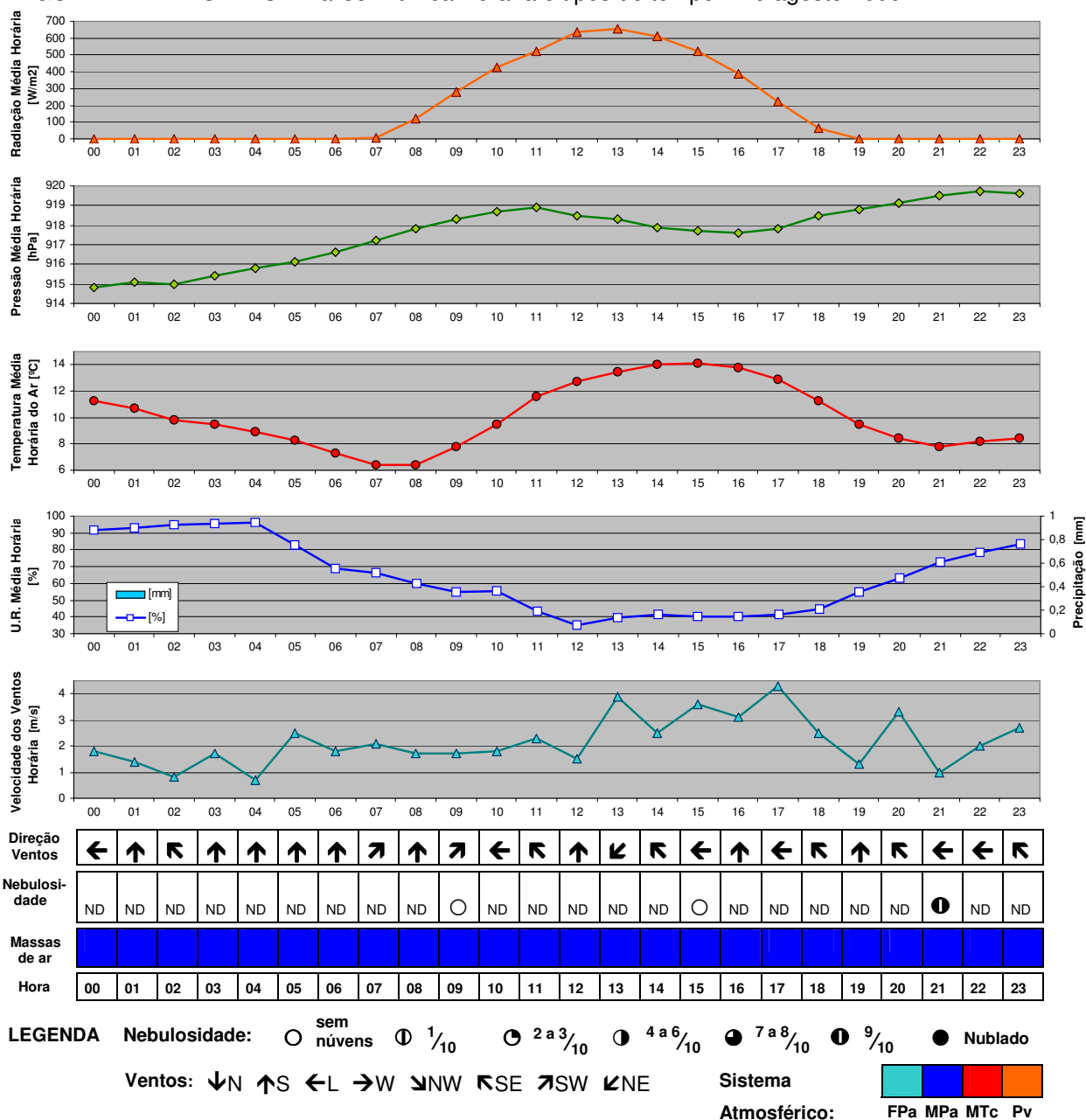
De acordo com o SIMEPAR, a frente fria que se aproximou pelo Rio Grande do Sul e Santa Catarina no dia 26, favoreceu a instabilidade em várias regiões do Paraná ao longo do dia. O encontro com as temperaturas elevadas no Paraná e no Paraguai provocou áreas de chuva com trovoadas e rajadas de vento entre os dias 26 e 27. Devido à nebulosidade da frente fria o tempo se manteve instável e as temperaturas ficaram amenas. Dia 28 o sistema frontal se deslocou para o oceano e as chuvas se deslocaram para a Região Sudeste do país, refletindo na maior nebulosidade e chuviscos ocasionais no Leste do Paraná incluindo a RMC.

No dia 29 o tempo permaneceu frio em todo o estado, com geadas no Centro-Sul e nevoeiros pela manhã na RMC. Embora o dia tenha sido ensolarado, as temperaturas permaneceram amenas e a umidade relativa do ar voltou a baixar. Dia 30, o centro da massa de ar frio e seco se situou sobre o oceano, próximo ao litoral do Rio Grande do Sul. No Leste do Paraná, a nebulosidade bastante variável resultou dos ventos de Sudeste que trouxeram a umidade do mar. As temperaturas permaneceram baixas. No dia 31 a nebulosidade se intensificou no Paraná, e o SIMEPAR previa chuvas localizadas com trovoadas a partir do Sul e do Oeste. A umidade e o calor provenientes de regiões tropicais resultou em instabilidade atmosférica em todo o estado, mas as temperaturas voltam a se elevar gradualmente.

A Figura 4.20 mostra as condições sinóticas da América do Sul no dia 28 de agosto e a atuação da massa de ar seco e frio (MPa) no dia 29 de agosto às 6:45 e às 17:45 horas sobre a Região Sul e o deslocamento do centro de alta pressão (A).

A Figura 4.41 apresenta as condições atmosféricas no AU-RMC no dia 29 de agosto.

FIGURA 4.41 – AU-RMC: Análise Rítmica Horária e tipos de tempo – 29.agosto.2006



FONTE: SIMEPAR/INMET, 2006

Organização: Eliane Dumke

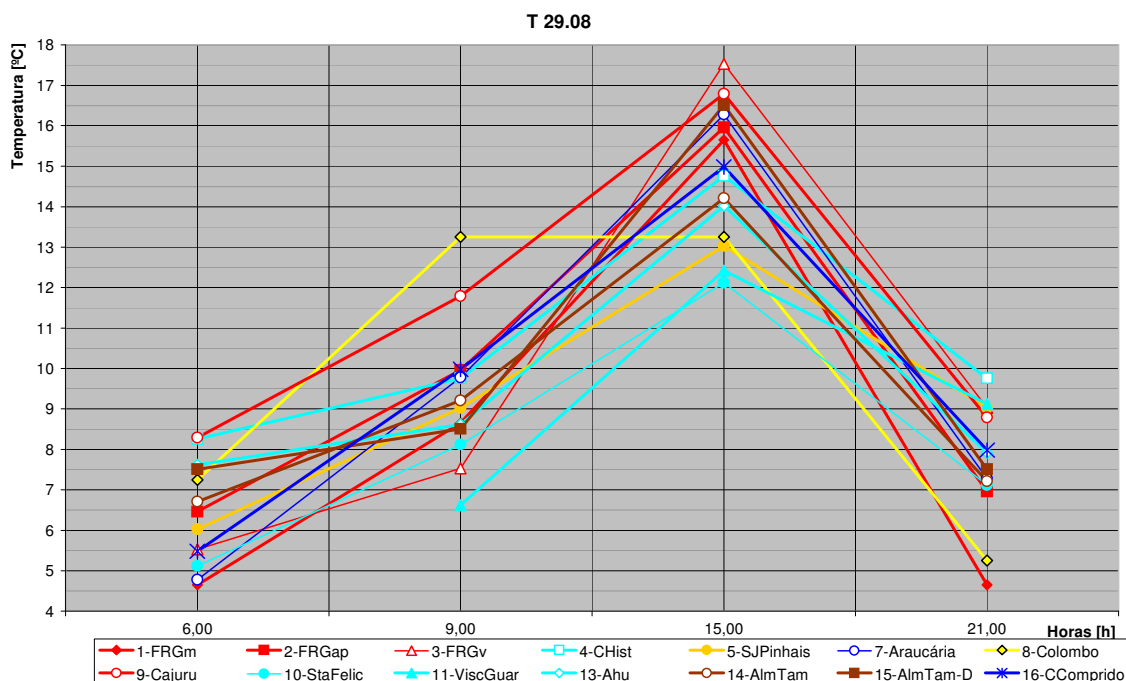
O dia transcorreu sob o domínio da MPa, porém o embate entre a MPa e a MTa se fez sentir principalmente no final do dia, quando o céu ficou bastante



encoberto (9/10 às 21 horas). A nebulosidade variável durante o dia permitiu um certo aquecimento das temperaturas que, no início do dia, as 6 e às 7 horas, marcavam 6,4°C na estação meteorológica do SIMEPAR em Curitiba-UFPR e às 15 horas atingiram 14,1°C, perfazendo uma amplitude térmica relativamente baixa (7,7 K). Os índices de umidade relativa do ar foram bastante baixos principalmente no período vespertino, quando os ventos também se deslocavam mais velozmente, alcançando 4,4 m/s às 17 horas. Os ventos predominaram provenientes do quadrante S-SE-E durante todo o dia.

Figura 4.42 traz os dados de temperatura do ar [°C] coletados em campo e subsidia as análises a seguir.

FIGURA 4.42 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] nos pontos monitorados – 29.agosto.2006



As condições climáticas intra-urbanas no AU-RMC no dia 29 de agosto de 2006 são, a seguir avaliadas por meio dos gráficos temporo-espaciais de temperatura do ar e umidade relativa do ar ao longo dos transectos N-S, SE-NW e NE-SW.

A Figura 4.43 traz a variação da temperatura do ar, no transecto N-S, onde se observa a maior amplitude térmica nos extremos Sul e Norte do AU-RMC e a menor nas regiões mais centralizadas. Destacam-se as baixas temperaturas no Batel, pelos motivos á mencionados: a influência da verticalização na insolação e o efeito da topografia natural somado ao da topografia edificada favorecendo a ventilação.

FIGURA 4.43 – AU:RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto N-S – 29.agosto.2006

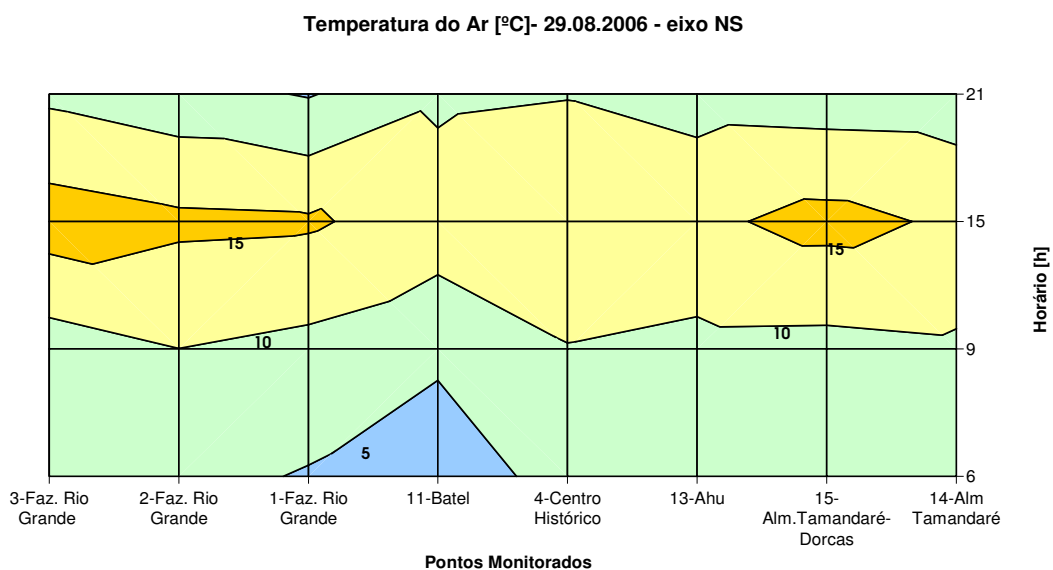
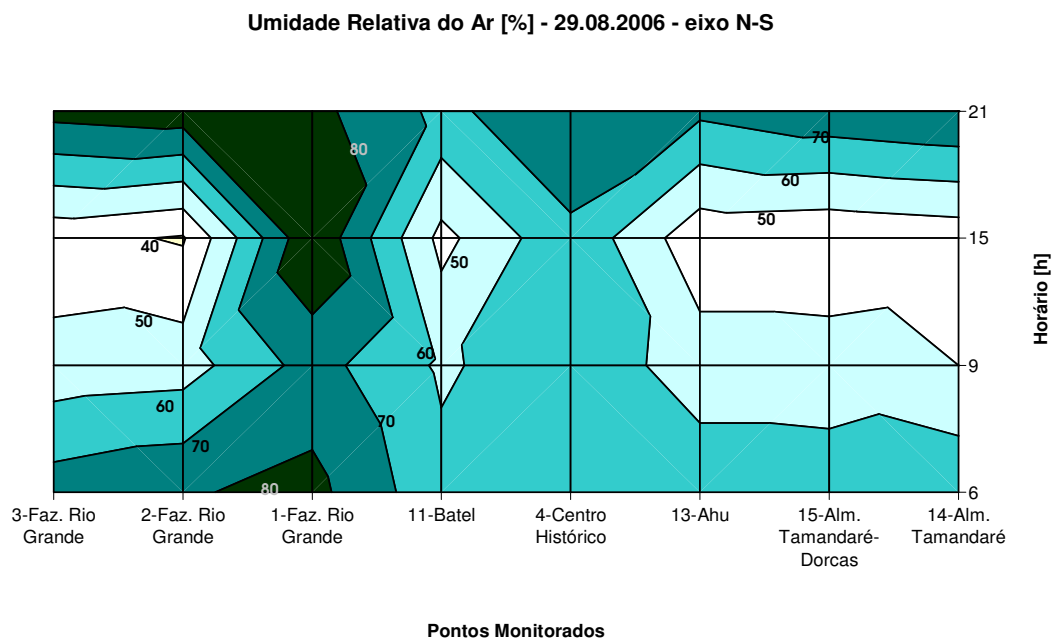


FIGURA 4.44 – AU-RMC: Umidade Relativa do Ar [°C] no transecto N-S – 29.agosto.2006



Igualmente se observa a associação dos fatores naturais, construídos e do calor antropogênico na formação do microclima no Centro-Histórico, onde, em relação

ao transecto, os valores termo-higrométricos são mais constantes e medianos. A localização em vertente Norte e a altura limitada das edificações lhe garante boa insolação; a exígua exposição aos ventos de baixa velocidade se deve à conjugação do relevo à maior rugosidade do centro da cidade. A configuração urbana adensada mas não verticalizada e alta taxa de impermeabilização do solo, otimizam a influência da massa térmica das edificações, que, associada à geometria das construções, aos aspectos naturais do sítio em relação à boa exposição ao Sol e não aos ventos e, ainda, o calor antropogênico gerado no centro urbano, resultam na manutenção de temperaturas relativamente altas e de taxas de umidade relativa do ar medianas e constantes.

Ainda no transecto N-S, a maior umidade do ar em Fazenda Rio Grande (nº 1) se deve à conjugação de fatores que distinguem o local dos demais do transecto e dos pontos monitorados no município: a localização em fundo de vale, área úmida e de calmaria, de baixa altitude, baixa densidade urbana, próxima de áreas rurais e de áreas vegetadas.

A Figuras 4.45 e 4.46 trazem a variação da temperatura do ar e da umidade relativa do ar no transecto SE-NW para o dia 29 de agosto.

FIGURA 4.45 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto SE-NW – 29.agosto.2006

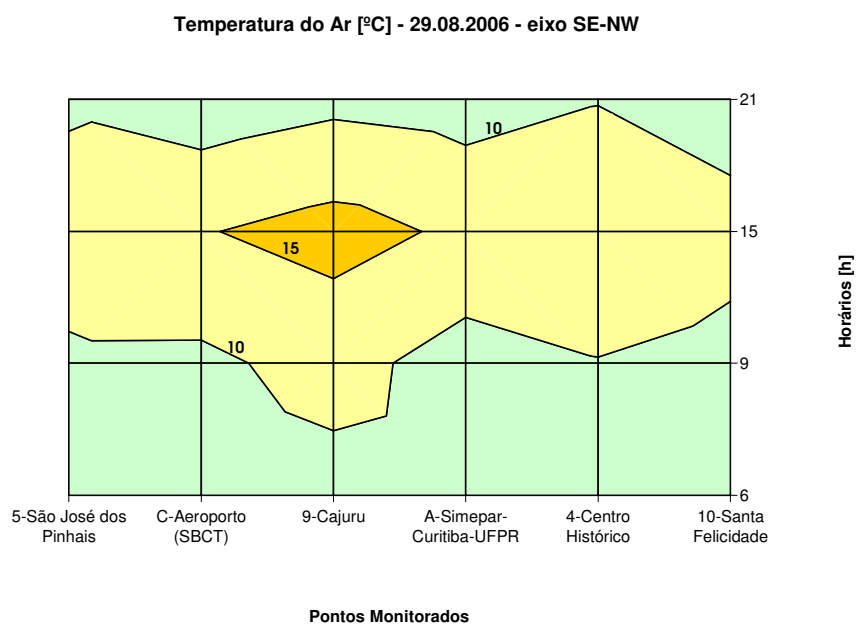
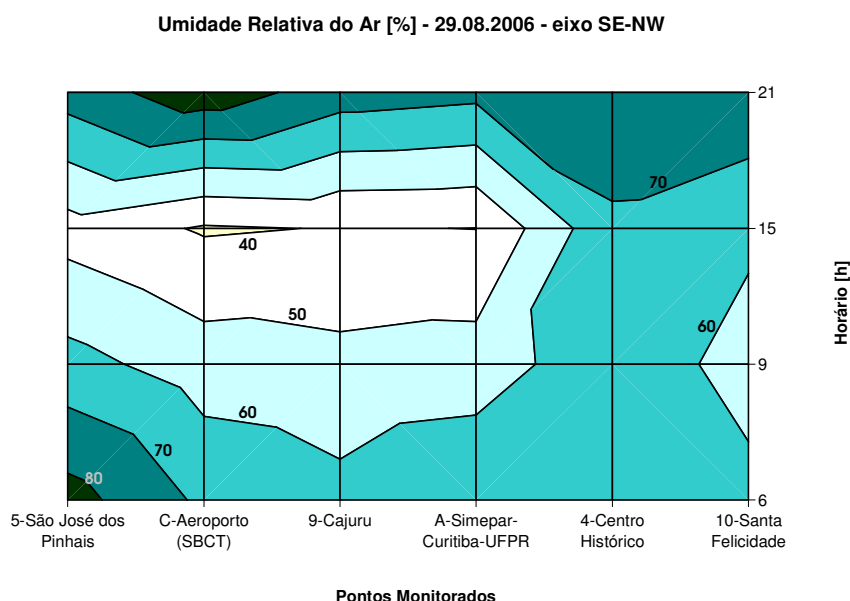


FIGURA 4.46 – AU-RMC: Umidade Relativa do Ar [°C] no transecto SE-NW – 29.agosto.2006



Nos gráficos temporo-espaciais do transecto SE-NW para o dia 29 de agosto (Fig. 4.45 e 4.46), destaca-se o Cajuru pelas temperaturas do ar mais elevadas e pela maior amplitude térmica, porém, provavelmente por se situar em fundo de vale, esta localidade não apresenta a menor taxa de umidade relativa do ar. Esta se apresenta na estação meteorológica do Aeroporto de São José dos Pinhais, local mais exposto à ventilação. O microclima do Cajuru sofre a influência da baixa altitude, da baixa declividade, da calmaria em relação aos ventos superficiais (fundo de vale), da urbanização relativamente densa mas de edificações de pouca altura e, ainda, da elevada taxa de impermeabilização do solo, fatores que resultam em certa frequência de inundações neste local.

Observa-se também a maior umidade na parte Sudeste do transecto SE-NW, mais próxima da área de mananciais da RMC; e os valores termo-higrométricos medianos e mais constantes do Centro Histórico, neste dia, em relação ao Cajuru, o que não ocorreu no dia 21.

A Figuras 4.47 e 4.48 trazem a variação da temperatura do ar e da umidade relativa do Ar no transecto NE-SW para o dia 29 de agosto.

FIGURA 4.47– AU:RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto NE-SW – 29.agosto.2006

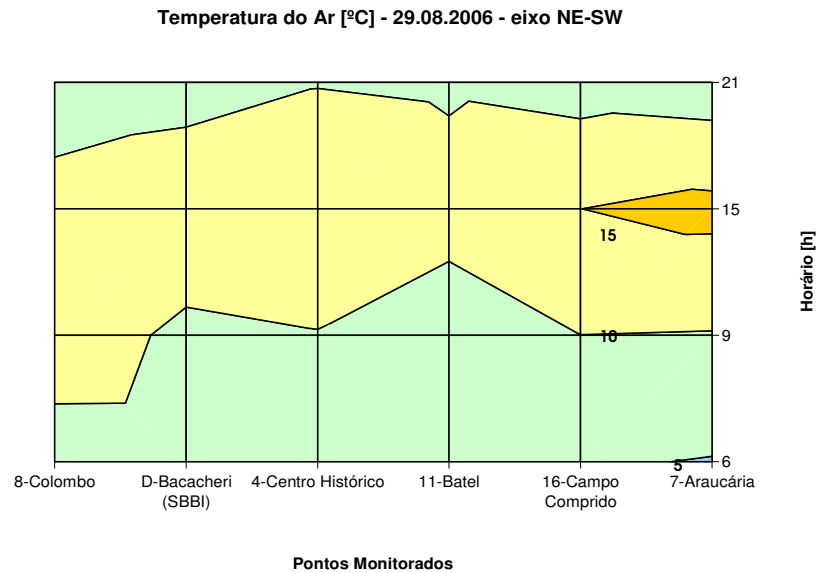
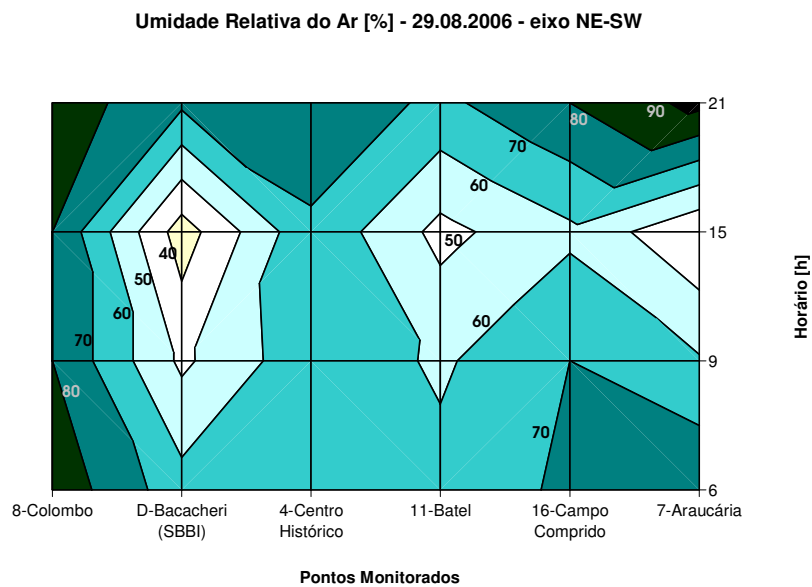


FIGURA 4.48 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] no transecto NE-SW – 29.agosto.2006



Nos gráficos temporo-espaciais do transecto NE-SW para o dia 29 de agosto (Fig. 4.47 e 4.47), a variação termo-higrométrica dos pontos mais centrais repetiu o padrão apresentado anteriormente neste transecto com menor amplitude térmica, mas se destacaram as localidades dos extremos do transecto: em Colombo e em Araucária.

Em Colombo, à NE, o ar se aqueceu mais cedo durante o dia, do que nos outros locais do transecto, e também se resfriou mais cedo ao entardecer. Apresentou a temperatura mais alta às 9 horas da manhã e as mais altas taxas de umidade relativa do ar durante todo o dia.

Araucária, à SW, se destacou por apresentar as maiores amplitudes térmicas do transecto no dia 29 de agosto: 11,5 K, com 4,8°C às 6 horas e 16,3°C às 15 horas, respectivamente as temperaturas mais baixas e mais altas do transecto e considerando-se todos os horários monitorados no AU-RMC neste dia. Comparando-se estes resultados com os do mesmo transecto no dia 21 de agosto, também sob o domínio da Massa Polar Atlântica, mas com frio mais intenso, observam-se variações semelhantes da temperatura do ar e da umidade relativa do ar ao longo do dia em Araucária, porém bem mais amenas que em outras localidades do transecto.

Estas particularidades podem constatar também nas cartas de isolinhas para o dia 29 de agosto (Fig. 49).

Nas cartas de isolinhas do dia 29 de agosto de 2006, a mancha urbana tendeu novamente a se configurar como ilha de calor à noite e ilha de frescor durante o dia, repetindo parcialmente o padrão apresentado no dia 21 de agosto. Outra vez, a menor amplitude térmica diária ocorreu na porção mais centralizada da mancha urbana e a maior, nas áreas periféricas.

Às 6 horas, o Centro Histórico e o Cajuru, ambos com 8,3°C, apresentavam as temperaturas mais altas, enquanto Fazenda Rio Grande (ponto nº 1), a mais baixa temperatura com 4,7°C, de modo que a IC apresentou 3,6 K de intensidade.

Às 9 horas, surgiram três IC isoladas: Colombo apresentou a mais elevada temperatura (13,3°C), seguido do Cajuru (11,8°C). Mesmo com uma temperatura mais baixa (9,8°C), Araucária também se sobressaiu em relação ao seu entorno como uma IC, neste horário. Observou-se que a distribuição espacial das temperaturas às 9 horas ocorreu de forma bastante semelhante à do dia 21 de agosto, sob condições de tempo também parecidas, inclusive com a temperatura mais baixa ocorrendo no Batel (6,6°C), representando uma diferença de 6,7 K de

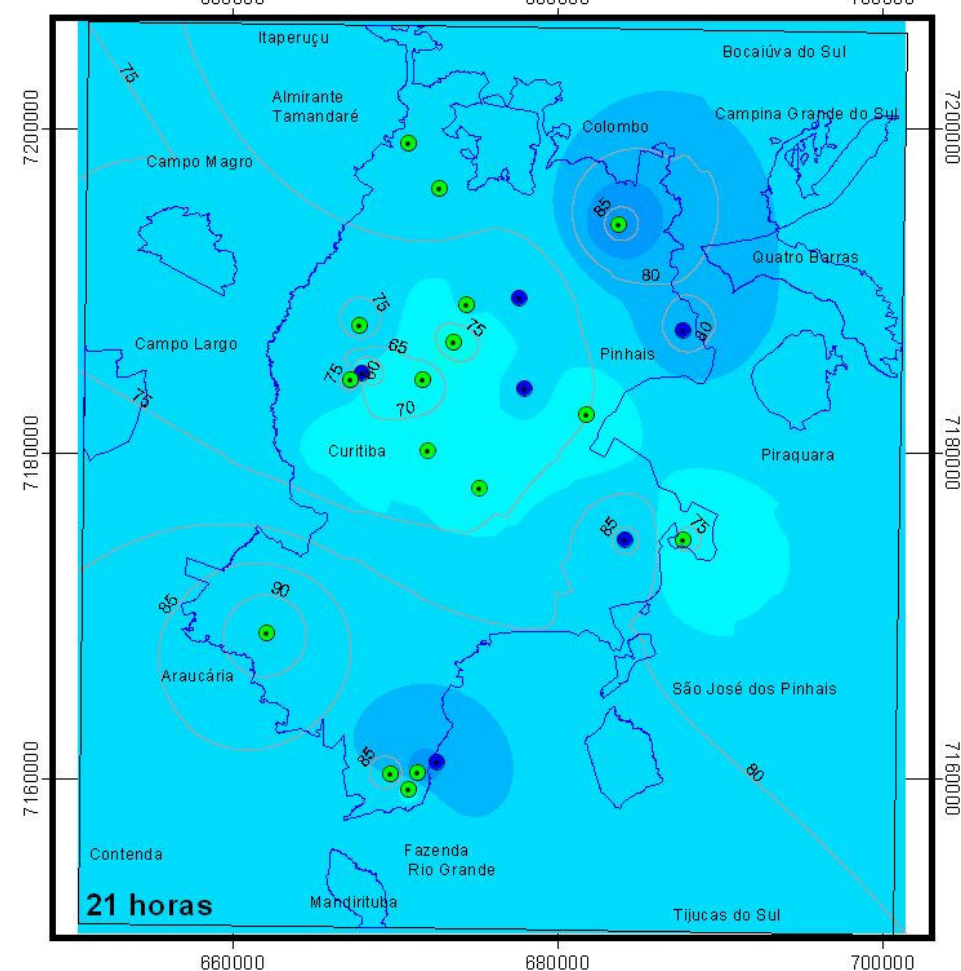
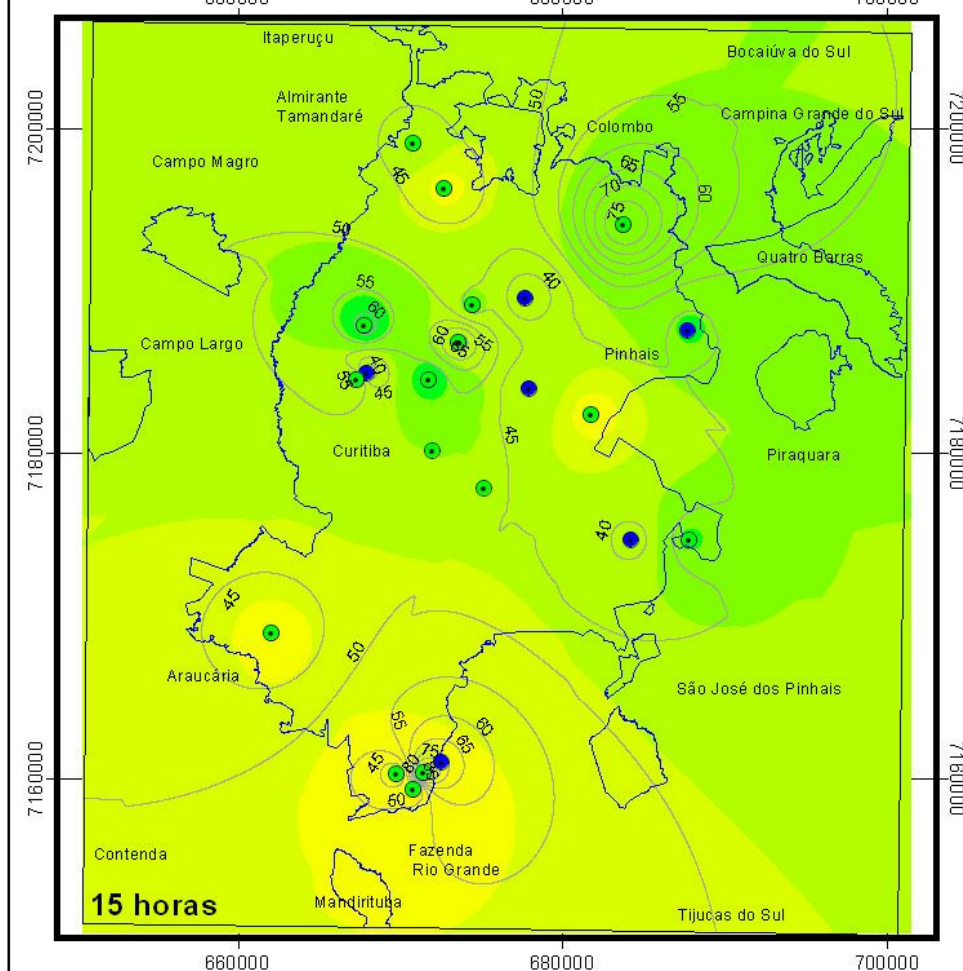
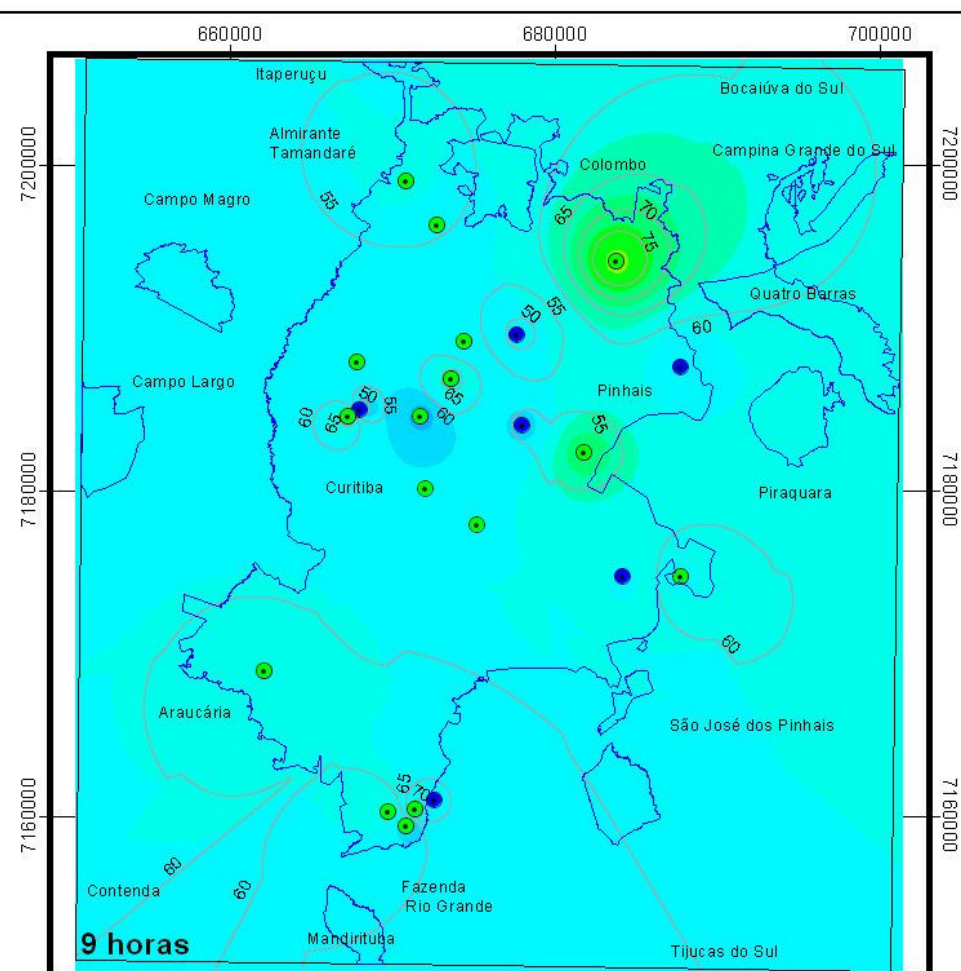
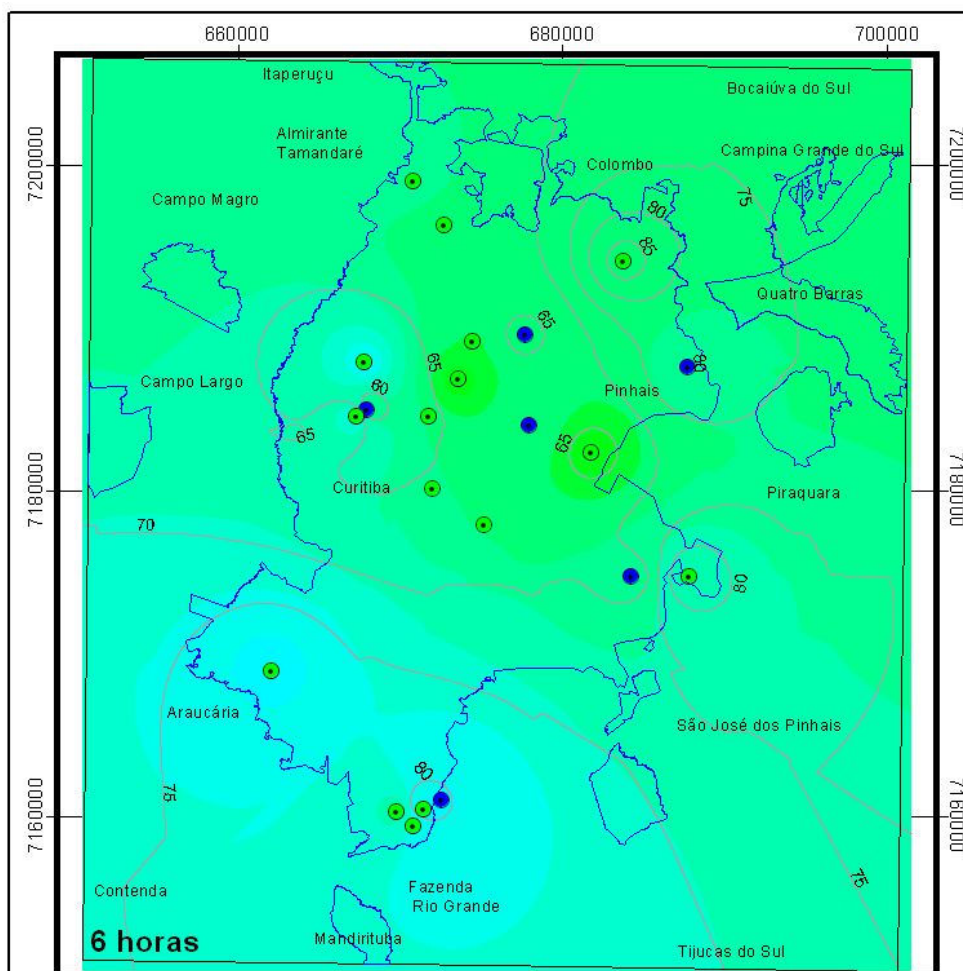


temperatura a menor (IF) em relação a Colombo. De modo geral a porção Nordeste e Leste da cidade apresentou-se mais aquecida.

Às 15 horas, a temperatura do ar em Santa Felicidade (12,1°C) se apresentou mais baixa do que no Batel (12,4°C). Enquanto em Fazenda Rio Grande (ponto nº 3), ocorreu a temperatura mais elevada (17,5°C), seguida pelo Cajuru (16,8°C), por Almirante Tamandaré-Dorcas (16,5°C) e por Araucária (16,3°C). Neste horário a configuração da distribuição das temperaturas sobre a mancha urbana se aproximou mais de um “arquipélago de ilhas de calor e ilhas de frescor”, com um gradiente horizontal de temperaturas na ordem de 5,4°C. De forma diversa do horário anterior, as ilhas de calor se apresentam ao Norte, à Oeste, à Sul e Sudoeste neste horário.

Às 21 horas, volta a se configurar a IC sobre a porção central da mancha urbana, com uma intensidade de 5,1 K. O local mais frio foi Fazenda Rio Grande (ponto nº 1) com 4,7°C e o mais aquecido, o centro Histórico, com 9,8°C, seguido do Batel com 9,1°C.

As Ilhas de Calor nos horários das 6 e das 21 horas, apresentaram menor intensidade (3,6 e 5,1 K) do que as Ilhas de Frescor às 9 e às 15 horas (6,7 e 5,4 K respectivamente).



**Figura 4.49- AU - RMC - Isolinha para o dia 29 de Agosto de 2006 - às 06,09,15 e 21 horas**

**Legenda:**

- Pontos Monitorados
- Estações Meteorológicas
- Isoigras
- Aglomerado Urbano da RMC
- Limites Municipais

**Temperatura [°C]**




Escala: 1:450.000

Base Cartográfica: SEMA, MINEROPAR (2002)  
 Concepção: Dumke, E. 2007  
 Elaboração: Lohmann, M. 2007

## **5 CLIMA URBANO/CONFORTO TÉRMICO E CONDIÇÕES DE VIDA NO AU-RMC**

O estudo do clima na abordagem dinâmica e sob a perspectiva sistêmica e holística, permite a identificação dos elementos de maior relevância na formação do clima urbano e suas variações nas paisagens intra-urbanas que resultam em distintas condições de conforto térmico. Desta forma, observam-se no estudo do clima e do conforto térmico do AU-RMC, as relações entre os elementos dos subsistemas que compõe o Sistema Ambiental Urbano – SAU<sup>1</sup>, conforme o seu grau de influência no nível escalar analisado. Busca-se no presente Capítulo, mediante a discussão dos resultados e na integração das análises efetuadas, a aproximação possível do “entendimento completo” sugerido por Lacey (1998, p.154), mencionado no Item 2.1.

Inicia-se com um apanhado geral das condições climáticas intra-urbanas do AU-RMC aferidas no período de inverno, relacionando-as às condições de vida encontradas nos setores avaliados. Em seguida, aborda-se mais detidamente esta relação mediante uma reflexão sobre alguns aspectos particulares e, finalmente, procede-se à verificação da hipótese.

### **5.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS INTRA-URBANAS DO AU-RMC: APANHADO GERAL DA SITUAÇÃO DE INVERNO DE 2006**

Realizada por meio das medições *in loco*, a avaliação das condições climáticas visou à análise de períodos que correspondem a dias típicos de inverno. Como pré-estabelecido, os dados de campo foram coletados para quatro horários padronizados nos dias de medição. Para uma melhor compreensão da variação das condições climáticas de forma contínua ao longo do dia, foram elaborados gráficos senoidais.

---

<sup>1</sup> O Sistema Ambiental Urbano – SAU, descrito na introdução da desta tese, tem sua ênfase na “relevância à interação entre estas duas dimensões da realidade, as dinâmicas e a gênese dos elementos que compõe a cidade e os problemas socioambientais”, que “devem ser trabalhados na perspectiva do planejamento e da gestão socioambiental urbana” (MENDONÇA, 2004b, p. 198 e 202).

Nestes casos, a partir das medições pontuais com a utilização dos termômetros de bulbo seco (TBS), pode-se gerar curvas de evolução de temperatura para cada ponto monitorado segundo equações senoidais, conforme demonstrou Krüger (2002b):

$$T_i = (T_{\max} + T_{\min})/2 + [(T_{\max} + T_{\min})/2 - T_{\min}] \times \cos [2\pi/24 \times (t_i - t_{\min})] \quad (7)$$

e

$$T_i = (T_{\max} + T_{\min})/2 + [T_{\max} - (T_{\max} + T_{\min})/2] \times \cos [(2\pi/24 \times (t_i - t_{\max}))] \quad (8)$$

onde:

$T_i$  é a temperatura em um dado instante;

$T_{\max}$  é a temperatura máxima medida no período de 24 horas;

$T_{\min}$  é a temperatura mínima medida no período de 24 horas;

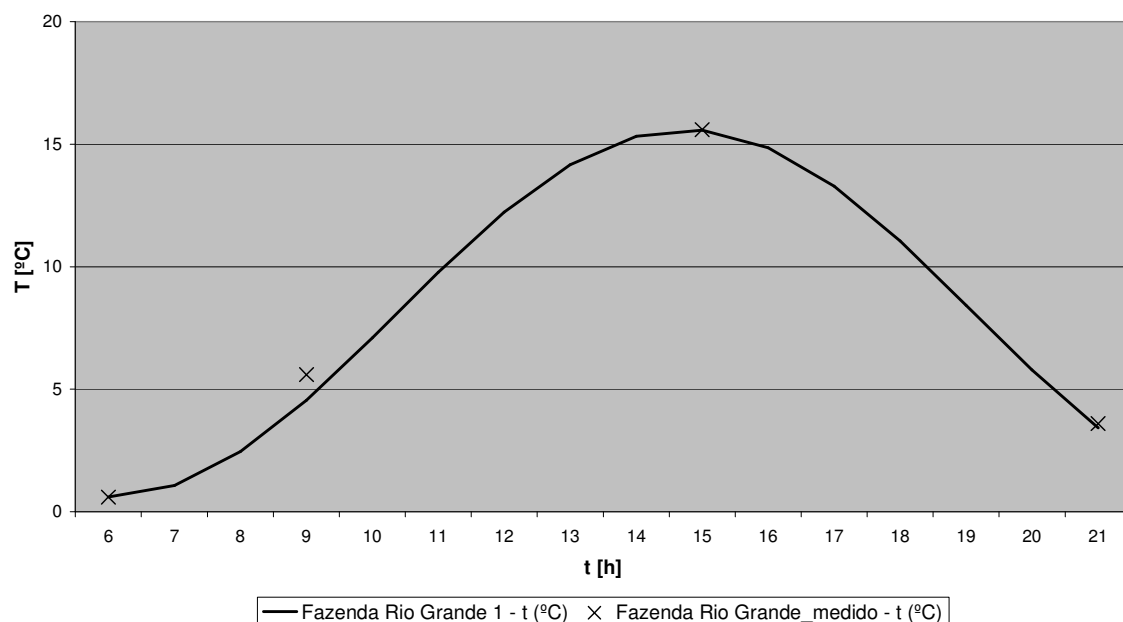
$t_i$  é o instante considerado;

$t_{\min}$  é o horário de ocorrência da temperatura mínima diária;

$t_{\max}$  é o horário de ocorrência da temperatura máxima diária

No caso deste trabalho, as temperaturas mínimas foram consideradas as temperaturas do ar tomadas às 6 horas, e as máximas, as temperaturas das 15 horas. O modelo numérico proporciona uma boa correspondência aos dados monitorados, pois se parte de um modelo senoidal, ajustado por quatro valores:  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ,  $t_{\max}$  e  $t_{\min}$ .

FIGURA 5.1 – Comparação das temperaturas medidas *versus* o modelo de evolução senoidal



Ainda assim, podem ocorrer descontinuidades no gráfico, na ocorrência de variações bruscas da temperatura real. Porém, conforme a escolha da equação a ser utilizada, é possível que se obtenha alguma precisão.

Segundo Krüger (2002b), a maior correspondência das temperaturas mínimas ocorre quando se utiliza a Equação 7, devendo ser esta a equação a ser escolhida no caso da análise para inverno. A maior correspondência das temperaturas máximas, quando se utiliza a Equação 8, a torna mais apropriada para o caso da análise de verão.

Realizada para o dia 21 de agosto de 2006, a série de gráficos senoidais a seguir, visa à análise comparativa das condições climáticas e de conforto térmico nos pontos monitorados nas diversas paisagens intra-urbanas, com distintas características naturais, construídas e de condições e qualidade de vida. Para facilitar a compreensão da análise, a Tabela 5.1 traz uma síntese dessas características nos locais avaliados.

TABELA 5.1 – AU-RMC: síntese das características nos pontos monitorados

PONTOS DE MONITORAMENTO	SETOR	SUBSISTEMA NATUREZA					SUBSISTEMA SOCIEDADE					
		Hipsometria	Declividades	Veloc. Ventos	Direção Ventos	Or. Vertentes	Taxa Pobreza	Adequação Habitações	Uso do Solo	Nº Pavimentos	Funcionalidade	Estrutura
1. Fazenda Rio Grande - Santarém	21	1	0	1	NO-SE	–	4	c	B	1	h	nm
2. Fazenda Rio Grande - Gralha Azul	21	2	0	2	NO-SE	–	4	c	B	1	h	nm
3. Fazenda Rio Grande - J. Veneza	21	3	0	4	NO-SE	–	4	c	B	1	h	nm
4. Curitiba - Centro Histórico	1	2	1	2	NO-SE	N	1	a	A	> 2	s	ca
5. São José dos Pinhais - J. Santana	15	2	2	1	NO-SE	S	3	c	B	1	h/i	si
6. Curitiba - Xaxim	5	3	0	4	NO-SE	–	2	a	B	2	h	ie
7. Araucária	5	2	1	1	SO-NE	SE	2	a	B	2	h/s	nm
8. Colombo	13	2	1	1	N-S	N	3	b	B	2	h	nm
9. Curitiba - Cajuru	21	1	0	1	NO-SE	–	4	c	B	1	ap	vr
10. Curitiba - Santa Felicidade	3	4	3	3	N-S	S	1	a	CD	2	h	av
11. Curitiba - Batel	1	3	0	2	N-S	–	1	a	A	>10	h/s	se
12. Curitiba - Novo Mundo	4	3	0	3	NO-SE	–	1	a	A	1	h/s	se
13. Curitiba - Ahu	2	3	2	1	NO-SE	SO	1	a	B	2	h	ie
14. Almirante Tamandaré	23	4	1	2	N-S	–	4	d	B	> 2	i	nm
15. Almirante Tamandaré - Dorcas	23	3	0	1	N-S	–	4	d	B	1	i	et
16. Curitiba - Campo Comprido	6	4	2	4	N-S	O	2	a	CD	2	h	av

**SISTEMA NATUREZA:** Hipsometria (m): 1. <890 m; 2. 890-920m; 3. 920-950m; 4. 950-980m; 5. >980. Declividade (%): 1. 0-5%; 2. 0-10%; 3. 0-20%; 4. 0-30%; 5. 0-45%; 6. 0->45%. Orientação de vertentes: N; NE; E; SE; S; SO; O; NO; – (plana ou horizontal). Velocidade do vento: 1. Calmaria; 2. Baixa; 3. Média; 4. Alta. Direção do vento: N-S; NE-SO; L-O; NO-SE.

**SISTEMA SOCIEDADE:** Taxa de pobreza (%): 1.<6,5; 2. 6,5-13,1; 3.13,1-20; 4.>20. Adequação habitações (%): a.>71,1; b. 54,5-71,1; c. 30-54,5; d.< 30. Uso do solo: A. Área urbana adensada; B. Área urbana não adensada; C. Vegetação densa; D./E. Vegetação/Cultivo; F. Solo Exposto; G. Corpos d'água. Nº de Pavimentos: 1; 2; > 2; >10. Funcionalidade: h. habitação; s. serviço; i. indústria; ap. área de preservação. Estrutura Urbana: nm. núcleo municipal; ca. centro antigo; si. setor industrial; ie. interstício dos eixos estruturais; fv. fundo de vale; av. áreas verdes; et. eixo de transporte



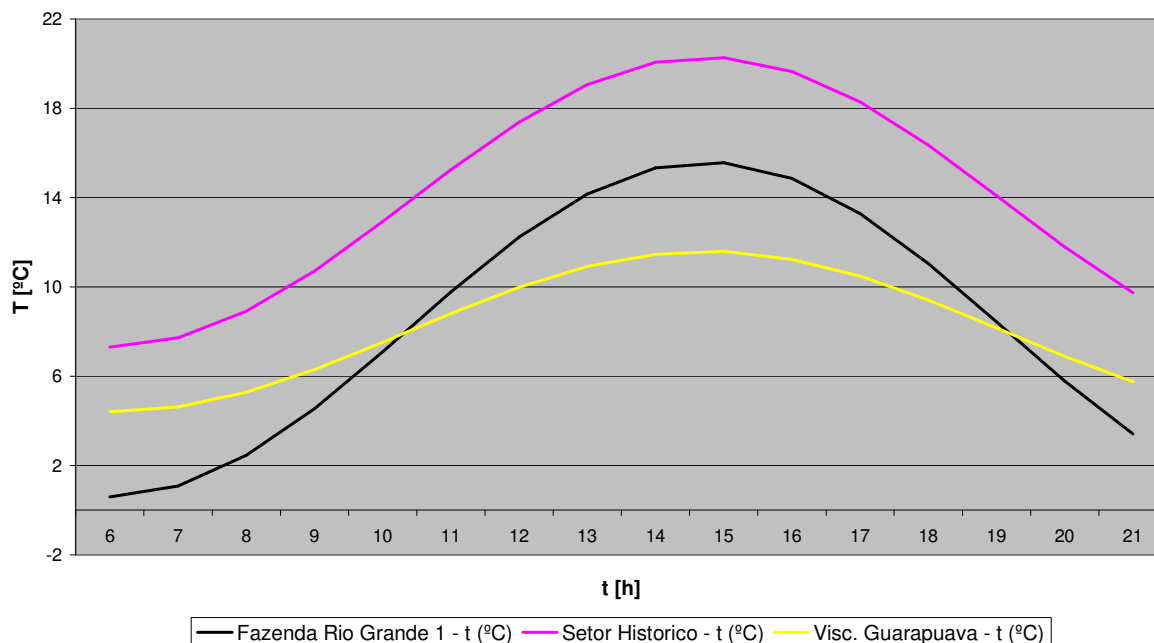
Escolheu-se este dia para analisar com maior profundidade por ter sido o dia mais frio do trabalho de campo, de maior amplitude térmica, sob o domínio da Massa Polar Atlântica (MPa) e, portanto, com um tipo de tempo típico de inverno.

Ressalta-se ainda, o fato de ter sido um dia de céu claro, adequado à verificação das diferenciações do clima intra-urbano, conforme a segunda generalização de Arnfield (2003): “a intensidade da IC decresce com o aumento da nebulosidade”.

Além disso, neste dia foi realizado o maior número de medições, cobrindo todos os locais selecionados. Somente uma medição teve que ser descartada por falta de pontualidade na coleta dos dados: no ponto de monitoramento nº 13, às 9 horas.

A Figura 5.2, representa os dados coletados em três locais de características distintas: uma área periférica, Fazenda Rio Grande, ponto nº 1, e duas áreas centrais, quais sejam, o Centro Histórico, onde os edifícios não ultrapassam três pavimentos e o Batel (Avenida Visconde de Guarapuava), com edifícios altos em seu entorno.

FIGURA 5.2 – Pontos monitorados em uma área periférica e em duas centrais, com edifícios no entorno de até três e com mais de dez pavimentos





Observa-se o frio mais intenso e a maior amplitude térmica no município de Fazenda Rio Grande, no extremo Sul do AU-RMC, área habitacional situada num fundo de vale: local de baixa altitude, plano e muito pouco ventilado (área de calmaria). As condições sociais são bastante desfavoráveis.

O Centro Histórico apresentou uma amplitude térmica menos elevada e temperaturas em média 4,6 K mais altas que em Fazenda Rio Grande. Diferencia-se em suas características naturais por sua maior altitude (890-920 m), baixa declividade, orientação de vertente Norte e área de baixa ventilação. As características naturais e a localização centralizada na mancha urbana (área urbana adensada) explicam as temperaturas mais altas do que em Fazenda Rio Grande. As condições/qualidade de vida neste local são as mais favoráveis, embora se situe em setor de serviço.

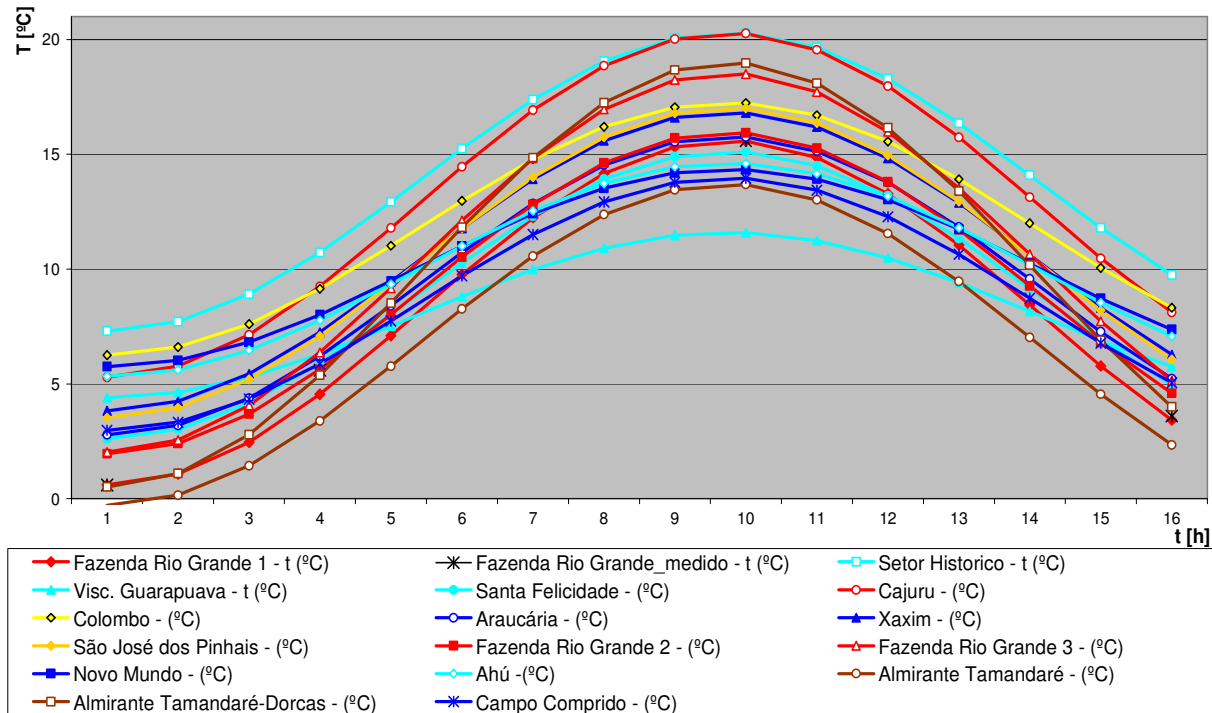
O ponto de monitoramento localizado no Batel apresentou a menor amplitude térmica. Nos horários mais frios, às 6 e às 21 horas, as temperaturas neste local foram medianas se comparadas as dos outros locais. Porém às 15 horas o local obteve a temperatura mais baixa. Entre os três comparados é o local de maior altitude (920-950 m), plano e caracterizado por baixas velocidades dos ventos, os quais se direcionam preferencialmente no sentido Norte-Sul devido à conformação topográfica local. Também caracterizado pelas melhores condições/qualidade de vida e em área urbana adensada, o local se distingue pela verticalização (edifícios com mais de 10 pavimentos), pois pertencente ao Setor Estrutural.

Observa-se que dos três locais, aquele que tem as condições de vida mais desfavoráveis, é precisamente onde ocorreram as temperaturas mais baixas e que apresentou a maior amplitude térmica – ambos são fatores de desconforto térmico. Isto se deve ao padrão de distribuição socioespacial que se verifica em Curitiba (periferização das classes mais desfavorecidas) e à sexta generalização de Arnfield (2003): “taxas de aquecimento e resfriamento são maiores em áreas rurais que na cidade”.

A Figura 5.3 mostra a marcha da temperatura do ar no dia 21 de agosto, em todos os pontos monitorados. A cor azul claro representa as áreas de melhores condições e qualidade de vida, seguidas das áreas em azul escuro; as cores amarelo e alaranjado representam as condições sociais intermediárias; e, as cores

vermelho e marrom se referem às áreas de condições muito desfavoráveis e às mais desfavoráveis, respectivamente.

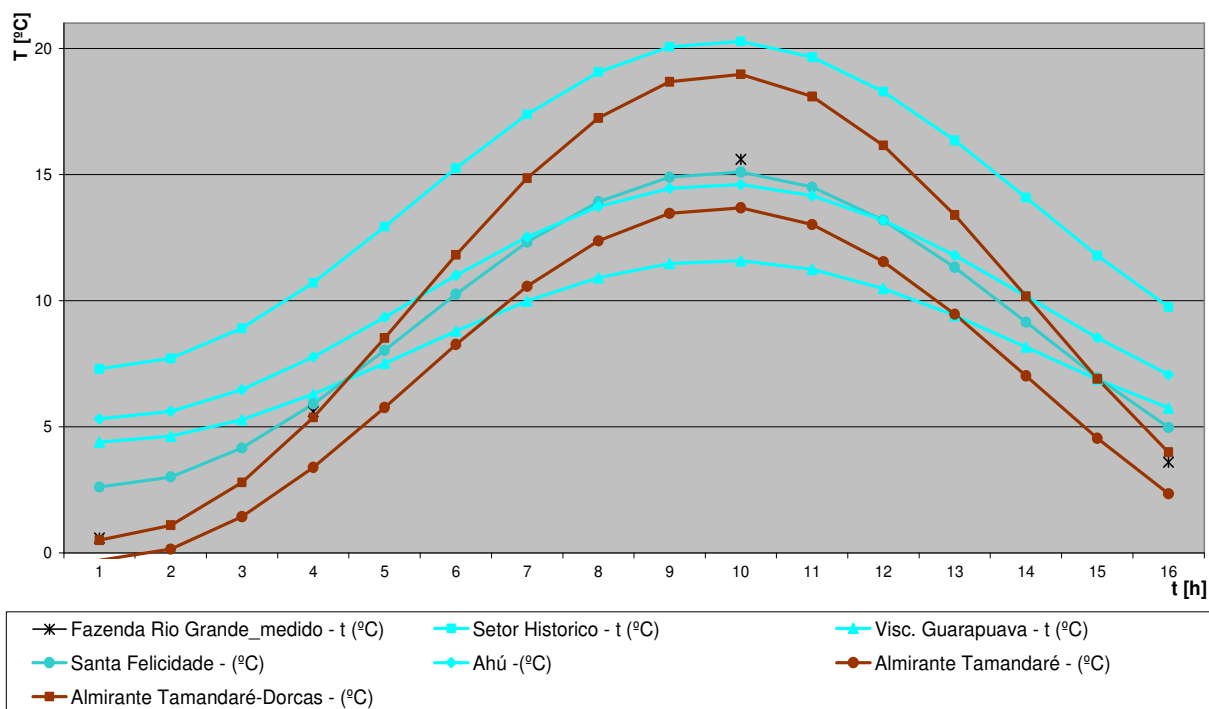
FIGURA 5.3 – Variação térmica nos pontos de monitoramento conforme as condições/qualidade de vida



Observa-se claramente neste gráfico a ocorrência das temperaturas mais baixas e de maior amplitude térmica nas áreas de condições/qualidade de vida mais desfavoráveis (em vermelho e em marrom), em oposição às áreas de melhores condições sociais, onde, em geral, as temperaturas se apresentaram mais elevadas, principalmente nos horários mais críticos, às 6 horas da manhã e às 21 horas da noite. Observa-se também nestas últimas áreas, as menores amplitudes térmicas. Curiosamente as áreas de condições sociais intermediárias apresentaram condições térmicas também intermediárias.

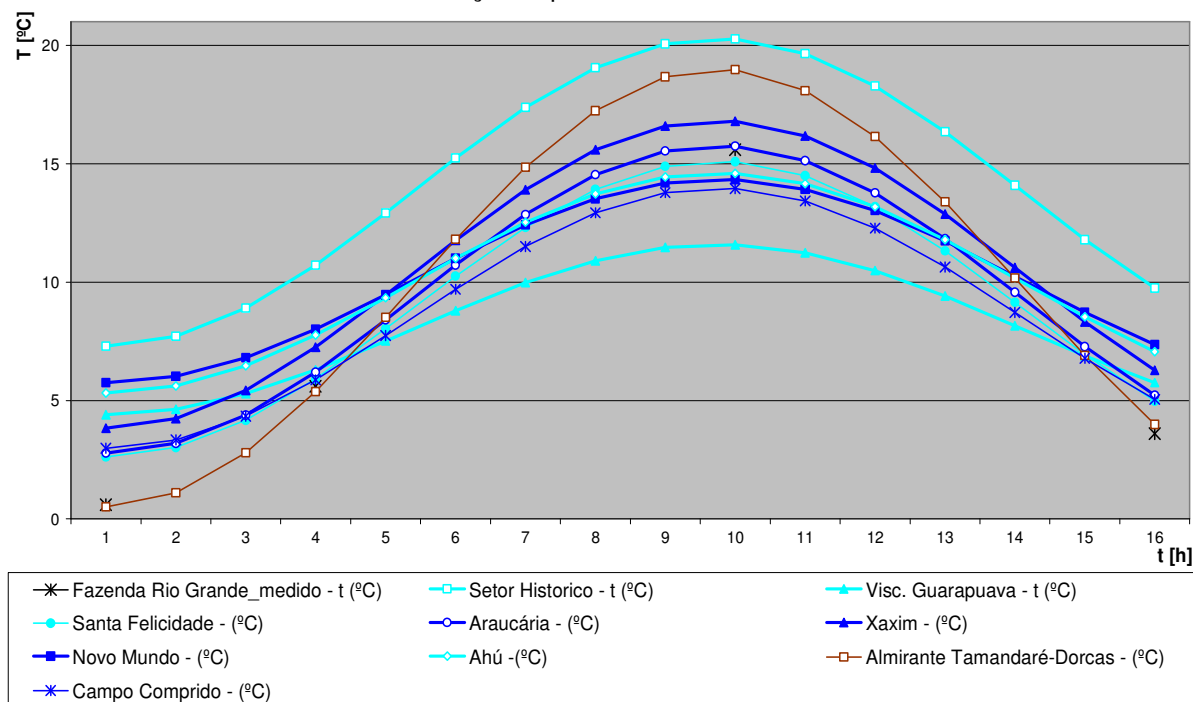
Na Figura 5.4, os mesmos resultados da Figura anterior podem ser verificados com ainda maior clareza, representadas somente as localidades mais favoráveis (em azul claro) e mais desfavoráveis condições/qualidade de vida (em marrom).

FIGURA 5.4 – Pontos monitorados em áreas de extremas condições/qualidade de vida (mais e menos favoráveis)



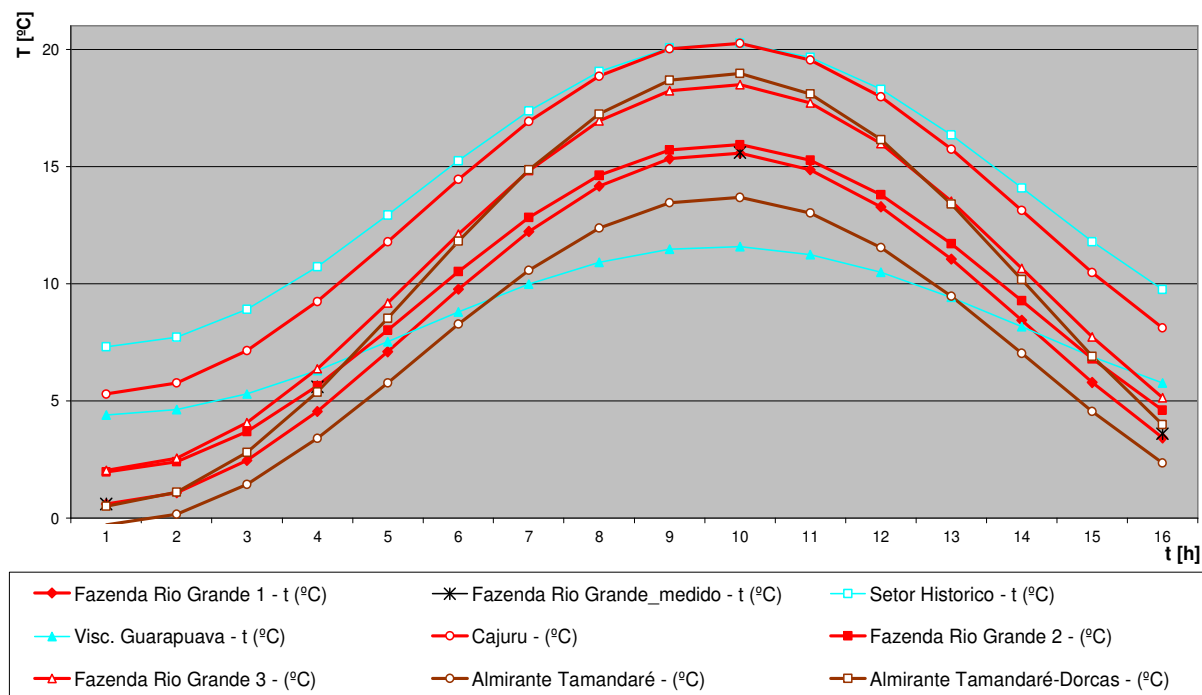
Na Figura 5.5, os resultados se repetem, representadas as localidades de mais favoráveis e de boas condições sociais (em azul claro e escuro) e uma localidade de condições mais desfavoráveis (marrom).

FIGURA 5.5 – Pontos monitorados nas duas áreas de condições/qualidade de vida mais favoráveis e em uma área em condições opostas



A Figura 5.6 compara os locais de melhores condições sociais aos de condições menos favoráveis evidenciando ainda mais os resultados.

FIGURA 5.6 – Pontos monitorados nas duas áreas de condições/qualidade de vida menos favoráveis e em duas áreas centrais e favoráveis

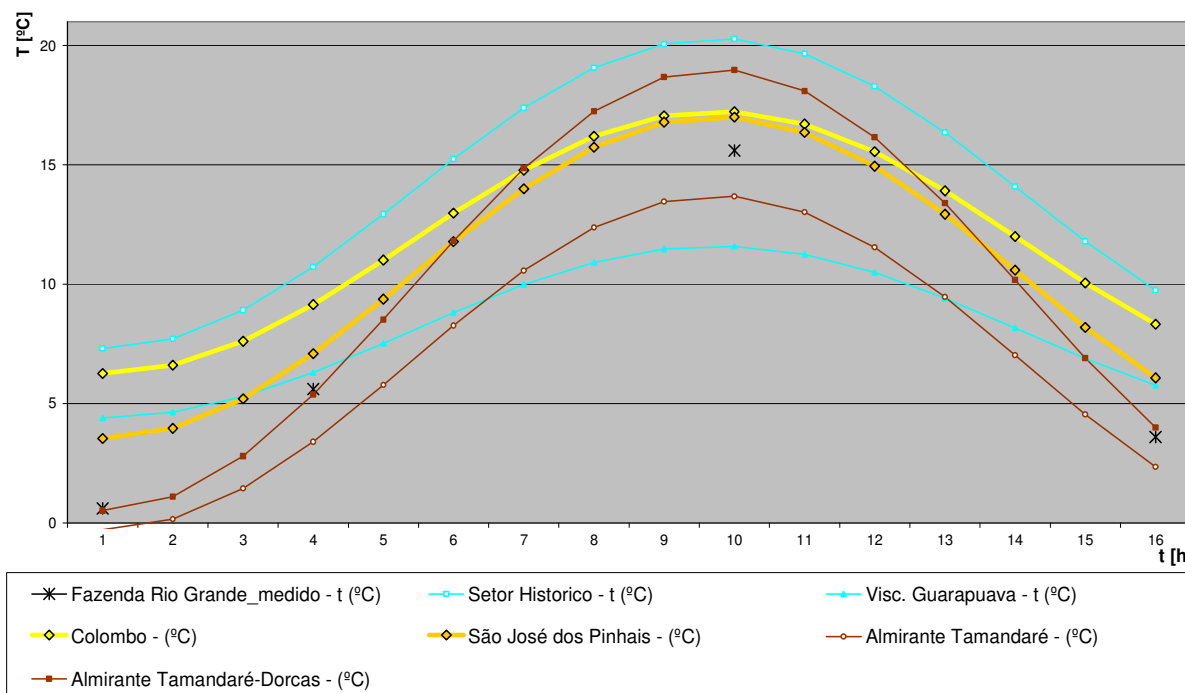


Investigando-se com mais detalhe, verifica-se que as diferenciações nos resultados se devem principalmente às variações das características naturais entre as localidades de condições sociais desfavoráveis (à exceção do Cajuru, onde a maior incidência de áreas mineralizadas assume grande importância). Nas localidades onde as condições sociais são mais favoráveis (azul claro), ao contrário, o desempenho térmico se relaciona mais às características do construto urbano.

A Figura 5.7 destaca as localidades caracterizadas por condições sociais intermediárias com o objetivo de facilitar a comparação com duas de melhores e duas de piores condições sociais, quanto às condições climáticas.

Ressalta-se que o ponto de monitoramento em Colombo se situa em área de urbanização mais adensada que aquele em São José dos Pinhais. As características naturais dos dois locais são as mesmas quanto à altitude (890-920 m), declividades (0 a 5 %), e velocidade do vento (calmaria), no entanto diferem em relação à orientação de vertentes: o ponto monitorado em Colombo se situa na vertente Norte, enquanto o de São José dos Pinhais, se situa na vertente Sul.

FIGURA 5.7 – Pontos monitorados em áreas de condições/qualidade de vida intermediárias e em áreas de condições extremas



As diferenciações entre as duas áreas de melhores condições de vida Centro Histórico e Batel, já foram mencionadas. Nos dois pontos localizados em Almirante Tamandaré, nº 14 e Almirante Tamandaré comunidade Dorcas, nº 15, ambas de condições de vida mais desfavoráveis, citam-se as seguintes diferenciações: a área mais ao Norte, nº 14, tem maior altitude (950-980 m), baixa declividade (0 a 5%) e baixa velocidade de vento enquanto o ponto de monitoramento de nº 15, na comunidade Dorcas, a altitude um pouco menos elevada (920-950 m), se situa em área plana e quanto à velocidade de vento é área de calmaria. As características construídas também diferem: embora ambas se situem em áreas industriais, a comunidade Dorcas (ponto nº 15) se encontra na margem de um eixo de transporte, a Rodovia dos Minérios (PR-092) e as edificações próximas têm apenas um pavimento. Embora o ponto nº 14, mais ao Norte, também se situe na mesma rodovia, está mais afastado da mesma e o local se caracteriza como entrada da cidade de Almirante Tamandaré, e, as edificações próximas possuem em torno de dois pavimentos. Como se verificou, as condições climáticas se apresentaram diferenciadas nas paisagens intra-urbanas analisadas, influenciadas pelas características naturais do sítio e pelas características urbanas, conforme a relevância de cada elemento na construção das condições de conforto térmico. Em relação aos graus de conforto encontrados, há certa coincidência com a distribuição socioespacial das habitações.

## 5.2 AS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO DO AU-RMC

Os ambientes avaliados neste trabalho encontram-se distribuídos no AU-RMC e localizados em paisagens intra-urbanas diversificadas e, assim, como se verificou, apresentaram condições climáticas distintas.

Esta variabilidade de condições termo-higrométricas na mancha urbana conduz a uma reflexão mais detalhada a cerca da avaliação do conforto térmico nestes locais. Do mesmo modo, necessariamente instiga o pesquisador envolvido na perspectiva socioambiental a questionar o grau de vulnerabilidade das populações às diferentes condições do clima e do conforto térmico intra-urbano. Estas questões serão abordadas a seguir.

Porém, ao constatar o clima intra-urbano no AU-RMC, surge o inevitável questionamento sobre as alterações das condições locais de conforto térmico mediante as mudanças climáticas em curso no planeta. Embora esta tese não tenha como objetivo responder a esta última questão, são expostas a seguir algumas considerações de caráter introdutório, baseadas em pesquisas realizadas sobre o tema, visando-se situar a perspectiva do conforto térmico.

### 5.2.1 Condições de Conforto Térmico frente às Tendências do Clima

Conforme os cálculos elaborados por meio do programa *Analysis* (LMPT/EMC e NPC/ECV, 1994), a partir dos valores do Ano Climático de Referência (TRY) gerado por Goulart et al. (1998) e considerando-se os limites de conforto indicados por Givoni (1992) para países em desenvolvimento (entre 18º e 29ºC), Curitiba apresenta desconforto por frio em cerca de 77,8% das horas do ano; conforto térmico em 12,9% das horas anuais; e, desconforto por calor em apenas 9,32% das horas anuais – o que comprova mais uma vez que o problema de desconforto em Curitiba, ao contrário de grande parte do país, consiste na situação de baixas temperaturas (Tab. 5.2).

Conforme mencionado no Item 3.4.2, atualizando o TRY mediante os dados climáticos disponibilizados pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) correspondentes ao período de 1998 a 2002 (cinco anos), Rossi e Krüger (2003) encontraram o ano de 1999 como o ano representativo do clima local. Em seguida,



os autores compararam os resultados obtidos para o TRY 1999 àqueles anteriormente obtidos para o TRY 1969, gerado por Goulart et al. (1998), constatando um aumento de temperatura, que se revelou mais expressivo para a média das mínimas com variação média de 1,3°C, enquanto que para a média das máximas a variação média foi de 0,9°C.

Os autores verificaram ainda, através da carta psicrométrica, que com o aumento de temperatura no ano de 1999, também houve um aumento em relação ao grau de conforto para o referido ano. Em termos de desconforto para o frio houve um melhora significativa, com cerca de 15% a mais de dias em condições de conforto, comparando-se ao ano de 1969. De forma geral, o incremento da temperatura média (de cerca de 0,6°C em 30 anos) foi, segundo os autores, a causa principal redução de dias em situação de desconforto por frio e, conseqüentemente, da maior quantidade de dias em situação de conforto. Mesmo assim, observa-se na Tabela 5.2, que persiste uma elevada porcentagem de desconforto por frio em Curitiba:

TABELA 5.2 – AU-RMC: comparação entre os graus de conforto e desconforto dos anos de 1969 e 1999

Ano 1969				Ano 1999			
Conforto	12,9%			Conforto	26,9%		
Desconforto	87,1%	calor	9,32%	Desconforto	73,2%	calor	10,4%
		frio	<b>77,8%</b>			frio	<b>62,7%</b>

Fonte: LMPT/EMC e NPC/UFSC, 1994; Goulart et al, 1998; Rossi e Krüger, 2003

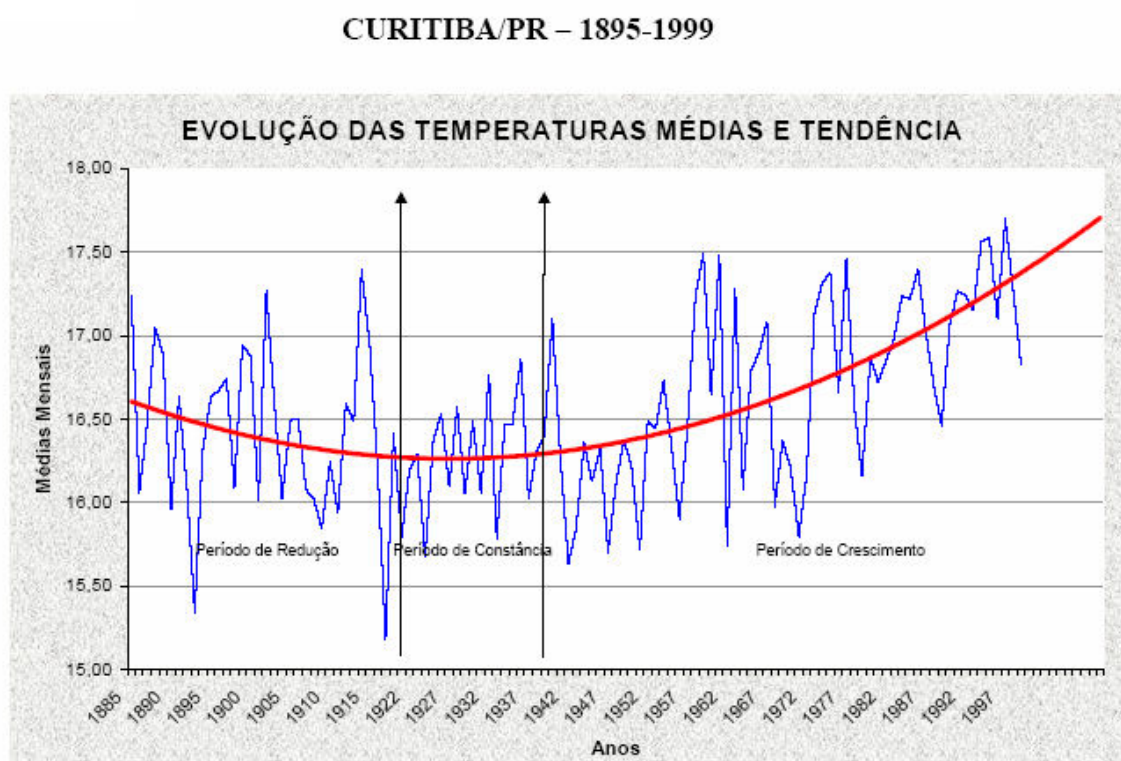
Neste caso, o aumento das temperaturas no período analisado pode ter sido causado principalmente pela expansão territorial urbana, que se mostrou significativa neste período, conforme descrito no Item 2.3.2. No entanto, não se pode ignorar a influência recíproca entre as alterações climáticas em curso no planeta e o clima urbano local. Embora já se disponha de alguns estudos a esse respeito, as pesquisas precisam ser continuadas e aprofundadas com os dados por obter ao transcorrerem os próximos anos.

Em uma investigação que abrange um período secular (104 anos), mediante dados de temperatura do ar e de pluviosidade, Nogarolli (2000) apresenta a evolução do clima de Curitiba em três períodos, evidenciados na Figura 5.8 por meio da linha de tendência.

A partir da década de 1980, observa-se um período de cerca de 40 anos, caracterizado pela redução das temperaturas médias; o segundo período, com duração de apenas duas décadas, se caracteriza pela tendência da constância das médias em torno de 16,30°C. O terceiro período, da década de 1940 até o ano de 1999, apresenta uma elevação das temperaturas médias em aproximadamente 1°C.

Contudo, a elevação das temperaturas em Curitiba foi bem mais expressiva na última década, atingindo a média de 17,28°C e sendo acompanhada de aumento de pluviosidade, criando-se assim, as condições favoráveis à intensificação do risco da ocorrência de diversas doenças, entre as quais, a dengue (MENDONÇA et al. 2006).

FIGURA 5.8 – Curitiba: evolução das Temperaturas Médias entre 1895 e 1999 e tendência



Fonte: Mendonça et al., 2006

Ao se confirmarem as tendências até o momento conforme se pode observar na Figura 5.8, o desconforto térmico por frio em Curitiba tende lentamente a diminuir com a elevação das temperaturas médias. No entanto, as alterações do clima local poderão trazer outras conseqüências.

Outros estudos realizados na Região Sul, com ênfase no Paraná, apontam uma forte relação entre a elevação da incidência da dengue e o expressivo aumento da temperatura média regional, que atingiu cerca de 1,5°C. Conforme constatado nestas pesquisas, na expansão das doenças relacionadas às alterações climáticas há “uma forte característica socioeconômica, pois é a população de baixa renda e habitante das periferias geográficas e sociológicas das grandes cidades a mais afetada” (MENDONÇA, 2006b).

De acordo com Mendonça (2007), estudos mais recentes a respeito das tendências do clima da região sul-brasileira, realizados a partir de dados de 1961 a 2004 e mediante diferentes procedimentos de avaliação, apresentaram resultados contraditórios.

Ao aplicar a análise polinomial constatou-se uma alteração no curso das tendências climáticas de progressivo aquecimento das temperaturas e da pluviosidade. O ponto de inflexão se dá nos anos de 1996-1997; a partir desta data, aparece na maioria dos locais estudados, a tendência de redução das temperaturas médias. Estes resultados corroboram as afirmações de um pequeno número de cientistas de que o planeta estaria entrando num período de resfriamento a partir da década de 1990, em contraposição ao consenso generalizado a respeito do aquecimento global.

Conforme o referido autor, o tema da intensificação do aquecimento planetário permanece ainda coberto de incertezas<sup>2</sup>. No entanto, quaisquer que sejam as mudanças climáticas e sua intensidade, elas ocorrerão de maneira diferenciada no espaço e no tempo. O impacto das alterações do clima sobre a natureza e sobre o conforto térmico e a saúde das pessoas, não ocorrerá uniformemente, mas conforme a interação da intensidade dos fenômenos com a natureza local e o grau de vulnerabilidade socioambiental nas diferentes regiões.

As condições climáticas atípicas do ano de 2006 e suas conseqüências, em associação à intensa veiculação pela mídia do tema da intensificação do aquecimento global, alarmaram a população e os governos ao redor do mundo.

---

<sup>2</sup> A intensificação do efeito estufa planetário tem sido discutida em várias Conferências internacionais desde a Eco-92, realizada no Rio de Janeiro em 1992, e motivo do estabelecimento, em 1997, do Protocolo de Kyoto. Estudada por milhares de cientistas em todo o planeta, mas ainda coberta de incertezas quanto ao seu ritmo, causas e efeitos, a intensificação do aquecimento global é reconhecida como fato consolidado pelo Painel Intergovernamental (IPCC), apoiado pela ONU (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 183-189).

Discutem-se causas e efeitos, a participação da humanidade na produção dos gases causadores do efeito estufa, sobretudo nos últimos dois séculos, e a necessidade de se tomar providências no sentido de sua redução.

No âmbito regional e local, refletiram-se as condições incomuns da atmosfera global em 2006. Seguindo as mesmas tendências, o inverno se apresentou com características distintas das normais sazonais, caracterizando-se por temperaturas do ar elevadas, baixos índices de umidade relativa do ar e por uma prolongada estiagem, alterando as condições de conforto térmico.

### 5.2.2 O Conforto Térmico nos Ambientes Intra-Urbanos

As condições climáticas atípicas em Curitiba nos meses de junho, julho e na primeira quinzena de agosto de 2006 puderam ser representadas pelas medições obtidas no dia 12 de agosto, sob o domínio de uma massa de ar quente e seco.

Conforme mencionado no Capítulo anterior, a partir do dia 18 de agosto, as condições climáticas se modificaram: sob uma Frente Polar Atlântica, choveu e as temperaturas se apresentaram mais constantes. Os dias 21 e 29, transcorreram sob o domínio de duas intensas massas de ar frio e seco, do tipo Massa Polar Atlântica (MPa), apresentando temperaturas baixas e grande amplitude térmica. As condições climáticas dos dias monitorados 12, 18, 21 e 29 de agosto, representativas de diferentes tipos de tempo, foram avaliadas em relação ao conforto térmico.

Como índices/métodos de avaliação do conforto térmico nos ambientes intra-urbanos, foram selecionados três entre os parâmetros pesquisados (Item 2.3.4), cada um destes por um aspecto específico:

(a) **O método de Givoni, em 1992**, foi utilizado por ser conhecido como o mais adequado ao Brasil, apropriado à maior adaptabilidade dos habitantes de países em desenvolvimento em relação a uma gama maior de condições climáticas, devido ao uso generalizado de edifícios não climatizados (LAMBERTS et al., 1997). A faixa de temperaturas de conforto térmico é considerada por Givoni entre 18º a 29ºC; abaixo de 18ºC haveria condições de desconforto por frio e acima de 29ºC, desconforto por calor. O método utilizado pelo autor é muito prático por estabelecer as estratégias a serem adotadas para a obtenção do conforto térmico mediante a verificação das condições climáticas existentes.

No entanto, se a faixa de conforto de Givoni, é adequada ao Brasil em geral, país predominantemente tropical, pode não ser a ideal para Curitiba, observando-se as especificidades climáticas desta cidade, onde as temperaturas costumam ser mais baixas do que na maior parte do país.

(b) **Os limites de Conforto de Sorre, em 1984**, adequado a países de clima temperado, foram adotados na avaliação das condições de conforto térmico do AU-RMC para efeito de comparação. A faixa de conforto estabelecida por Sorre (1984) é de 16° a 23°C, limites que definem “um jogo de regulação térmica equilibrado”. Fora desta faixa, segundo o autor, os mecanismos termorreguladores do corpo humano são acionados, seja para a adequação do organismo ao frio, quando as temperaturas são inferiores a 16°C, ou como defesa ao calor, quando as temperaturas ultrapassam os 23°C.

(c) **Aroztegui, em 1995**. O terceiro método de avaliação de conforto térmico utilizado, baseou-se na variabilidade do clima (e nas temperaturas médias mensais) conforme o conceito de Conforto Adaptativo proposto por Brager e De Dear (2002), como alternativa para o Padrão 55 da zona de conforto da ASHRAE. Porém, como o índice proposto por estes autores se refere a ambientes internos, utilizou-se o índice de Aroztegui, de 1995, que também parte dos mesmos princípios do Conforto Adaptativo, mas se adequa aos ambientes externos, pois insere os parâmetros de radiação solar e vento para se obter a Temperatura Neutra Exterior (Tne). Esta escolha se justifica pelo fato das medições em campo terem sido realizadas em ambiente externo.

O objetivo de se utilizar os três índices/métodos de avaliação é o de verificar as condições de conforto locais segundo os resultados das três metodologias, de forma a extrair os benefícios de cada uma delas para se obter uma maior conhecimento a respeito das condições de conforto térmico nas paisagens intra-urbanas no AU-RMC.

As condições climáticas dos ambientes intra-urbanos nos dias 12, 18, 21 e 29 de agosto de 2006, são sintetizadas nos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, medidos nos pontos monitorados apresentados nas Tabelas 5.3 e 5.4, as quais visam também representar, por meio das diferentes cores, as condições de conforto térmico.

Na Tabela 5.3, com exceção das medidas tomadas no dia 12 de agosto, observa-se uma predominância das temperaturas baixas. As cores foram atribuídas conforme os limites da faixa de conforto utilizadas por Sorre (1984): 16° e 25°C. As temperaturas abaixo de 16°C (frio) em azul, a faixa de conforto representada em amarelo e as temperaturas acima de 25°C (calor) em laranja.

Na Tabela 5.4, verificam-se umidades relativas extremamente baixas para o clima curitibano, com exceção do dia 18 de agosto, um dos raros dias de chuva deste inverno de 2006, ano de estiagem. Às porcentagens de umidade relativa do ar divididas em 10 intervalos, aplicou-se uma escala de cores que parte do laranja (0 a 10% = baixíssima umidade relativa do ar), passando pelo amarelo e verde claro e alcançando o verde escuro (90 a 100 % indicando a saturação da umidade do ar).

TABELA 5.3 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] – dados monitorados 12, 18, 21 e 29.agosto.2006

		frio	conforto	calor													
data	h	1-FRG	2-FRG	3-FRG	4-CHist	5-SJPinhais	6-Xaxim	7-Arauc.	8-Colombo	9-Cajuru	10-Sfelic	11-Batel	12-NMundo	13-Ahu	14-AlmTam	15-Dorcas	16-OCComp
12.08	6	10,65	11,96	13,53			14,83		12,25	13,29							
	9	16,65	17,96	18,53			22,83		21,25	19,29							
	15	28,65	30,96	30,03			31,33		31,25	32,29							
	21	15,15	19,96	17,03			21,83		17,25	19,29							
18.08	6		10,96	13,53	15,26	13,53	13,83	14,28	13,25	14,29	13,12	12,62	15,75	13,32	13,21	13,51	12,98
	9		13,46	13,53	14,76	13,53	13,83	14,78	13,25	14,29	13,92	13,62	14,15	14,12	14,21	14,51	13,68
	15		14,96	14,53	15,26	15,03	14,83	15,78	16,25	15,79	14,32	15,62	16,55	15,12	15,21	15,51	13,98
	21	14,65	14,96	15,53	15,26	14,53	14,83	14,78	13,25	15,29	14,12		16,35	14,62	14,71	14,01	14,98
21.08	6	0,65	1,96	2,03	7,26	3,53	3,83	2,78	6,25	5,29	2,62	4,42	5,75	5,32	-0,29	0,51	2,98
	9	5,65	5,96	5,53	8,26	7,53	8,33	10,28	12,25	9,29	6,62	5,22	8,75	8,92	7,71	6,51	8,08
	15	15,65	15,96	18,53	20,26	17,03	16,83	15,78	17,25	20,29	15,12	11,62	14,35	14,62	13,71	19,01	13,98
	21	3,65	4,96	6,53	7,76	4,03	5,83	4,78	4,25	6,29	5,62	6,12	6,75	6,12	4,71	4,51	6,28
29.08	6	4,65	6,46	5,53	8,26	6,03		4,78	7,25	8,29	5,12			7,62	6,71	7,51	5,48
	9	8,65	9,96	7,53	9,76	9,03		9,78	13,25	11,79	8,12	6,62		8,62	9,21	8,51	9,98
	15	15,65	15,96	17,53	14,76	13,03		16,28	13,25	16,79	12,12	12,42		14,02	14,21	16,51	14,98
	21	4,65	6,96	9,03	9,76	9,03		7,28	5,25	8,79	7,12	9,12		7,92	7,21	7,51	7,98

TABELA 5.4 – AU-RMC: Umidade Relativa do Ar [%] – dados monitorados 12, 18, 21 e 29.agosto.2006

		0 a 10		10 a 20	20 a 30	30 a 40	40 a 50		50 a 60	60 a 70	70 a 80	80 a 90	90 a 100					
data	h	1-FRG	2-FRG	3-FRG	4-CHist	5-SJPinhais	6-Xaxim	7-Arauc.	8-Colombo	9-Cajuru	10-SFelic	11-Batel	12-NMundo	13-Ahu	14-AlmiTam	15-Dorcas	16-OCComp	
12.08	6	97	98	86	91		82			79	100							
	9	98	82	88	96		78			69	98,5							
	15	84	37	34,5	96		45,7			33,2	38,2							
	21	93	67	78	96		60			73	73,5							
18.08	6		88	90	64		93	96	100	100	93	97	91	93	97	94	100	98
	9		94	96	60		98	100	95	90	98	94	92	91,8	95	95	91	95
	15		99	96	35		93	96	90,2	91	93,5	95	92	83	93	90	92	94
	21	93	94,5	96,2	82		93	96	99	100	93	97		83	96	95	96	93
21.08	6	80	98,5	94	65,5		55	87	92	62	84	88	76	78	80	85	80	87
	9	58	72,5	75	67		50	60	61	60	60	53	61	75	58,5	58	70	77
	15	38	32,5	45	68		59	35	43	42	32,9	32	38	81	49	40	53	59
	21	82	85,5	88	78		83	88	92	86	85	89	72	68	83	89	100	85
29.08	6	83	79	75			84		79	87	63	63			66	68	65	72
	9	74	55,5	54			63,5		61	80	53	56	58,5		55	50	55	70
	15	89	39	43,4			46		41	80	40,4	62	47		43,2	44	42	58
	21	83	86	83,5			74,5		93	86	75	77,5	67,5		72	80	77	80

Assim, para a avaliação das condições de conforto térmico intra-urbano no AU-RMC, selecionou-se o dia 21 de agosto como mais propício à investigação do desconforto térmico em Curitiba.



### **Aplicação do Diagrama Bioclimático de Givoni para Curitiba**

Conforme mencionado, os dados do TRY podem ser plotados por meio do programa *Analysis* (LMPT/EMC e NPC/ECV, 1994) no Diagrama Bioclimático de Givoni (1992), adaptado aos países em desenvolvimento. Esta adequação fez-se mediante a expansão dos limites máximos de conforto, em função da maior aceitabilidade das variações climáticas verificada pelos habitantes dos países do Hemisfério Sul.

O Diagrama Bioclimático é construído sobre o diagrama psicrométrico, que relaciona os dados de temperatura do ar e umidade relativa. Obtendo-se esses valores do TRY do local e plotando-os diretamente sobre o Diagrama Bioclimático de Givoni, encontram-se as estratégias bioclimáticas a serem adotadas no projeto para se alcançar conforto térmico em relação às condições climáticas locais.

O Diagrama Bioclimático de Givoni para Curitiba na Figura 5.9, apresenta em vermelho os dados de todas as horas do Ano Climático de Referência – TRY para Curitiba, conforme Goulart et al. (1998). A estes dados, foram acrescentadas as temperaturas (TBS e TBU) encontradas no levantamento de campo no dia 21 de agosto de 2006, permitindo, assim, a comparação dos dados de campo aos valores do TRY.

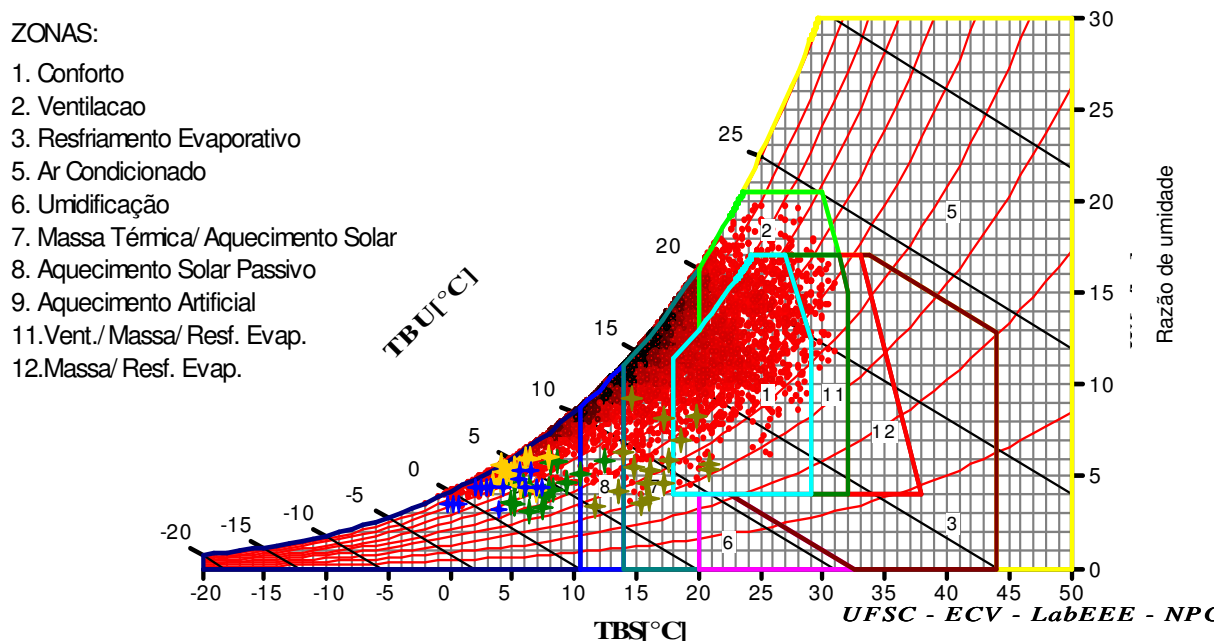
Os dados coletados em cada um dos locais monitorados são representados nos quatro horários de medição: os valores obtidos às 6 horas encontram-se em azul, das 9 horas em verde escuro, das 15 horas em verde oliva e os das 21 horas em amarelo.

Observa-se que, de modo geral, o dia 21 de agosto de 2006, sob o domínio de uma intensa massa de ar Polar Atlântica (MPa) representou um dia de baixas temperaturas do ar e índices de umidade relativa do ar reduzidos, em relação ao padrão anual para Curitiba. Porém, enquanto as baixas temperaturas (próximas de zero) não surpreendam nesta época do ano, a umidade relativa do ar raramente atinge valores tão reduzidos nesta cidade.

Os valores de temperatura do ar obtidos às 6 e às 21 horas em todos os locais monitorados, se situaram na zona mais fria (com temperaturas menores à 10°C), que corresponde à *zona de aquecimento artificial* – o que significa que esta é a estratégia recomendada para se obter conforto térmico neste período, em todos os locais estudados, mas com intensidades diferentes, uma vez que as temperaturas variaram entre -0,3° a 7,3°C às 6 horas e entre 3,7° e 7,8°C às 21 horas.

Às 9 horas, somente Araucária e Colombo, respectivamente com 10,28° e 12,25°C, se situaram na *zona de aquecimento solar passivo*. Em todos os outros locais as temperaturas continuaram abaixo de 10°C neste horário, não sendo alterada nestes locais, a estratégia recomendada ao início do dia para obtenção do conforto térmico (*aquecimento artificial*).

FIGURA 5.9 – Avaliação Bioclimática para Curitiba mediante dados horários do Ano Climático de Referência (TRY) e dados do levantamento de campo em 21.agosto.2006, no Diagrama Bioclimático de Givoni (1992)



Fonte: LMPT e NPC/UFSC, 1994

Devido à baixa umidade do ar e a baixa nebulosidade, características do sistema atmosférico dominante neste dia (MPa), a radiação solar disponível aqueceu a camada de ar junto ao solo. Às 15 horas as temperaturas se encontravam mais elevadas, variando entre 11,62°C (no Batel) e 20,3°C (no Centro Histórico e no Cajuru), de forma que as condições de conforto térmico observadas neste horário (considerando-se a relação entre a temperatura do ar e umidade relativa do ar), se distribuíram em zonas correspondentes a três estratégias distintas. Na *zona de aquecimento solar passivo* se situaram os locais monitorados no Batel, em Almirante Tamandaré e em Campo Comprido, menos aquecidos neste horário; na *zona de massa térmica e aquecimento solar passivo* se situaram outros nove locais; e, na *zona de conforto* se situaram apenas quatro locais: Fazenda Rio Grande nº 3,

Centro Histórico, Cajuru e Almirante Tamandaré-Dorcas, os quais apresentaram neste horário temperaturas mais elevadas que nos outros locais. Embora os índices de umidade relativa do ar tenham sido bastante baixos, ainda se situaram na zona de conforto.

Em síntese, as medições tomadas em campo no dia 21 de agosto em todos os locais e em todos os horários monitorados foram assim distribuídas:

- 72% das medições se situaram na *zona de aquecimento artificial*, indicada para temperaturas abaixo de 10,5°C. Esta estratégia só é possível de ser utilizada em ambientes internos e deve ser complementada por outras estratégias. O aquecimento artificial demanda equipamento específico, acesso à infra-estrutura e ao fornecimento energético, o que significa que esta estratégia é disponível apenas para parte da população do AU-RMC;
- 8% das medições se encontraram na *zona de aquecimento solar passivo*: indicada para temperaturas entre 10,5° e 14°C. Esta estratégia requer um espaçamento entre as construções de forma a permitir o máximo de insolação no inverno, situação nem sempre encontrada nos locais monitorados;
- 14% das medições se situaram na *zona de massa térmica para aquecimento e aquecimento solar*, indicada para temperaturas entre 14° e 20°C. As estratégias associadas possibilitam o armazenamento de calor solar pelos materiais construtivos empregados nas edificações que podem ser liberados ao ambiente nos horários mais frios (estas estratégias podem ser utilizadas também nas superfícies dos ambientes externos), porém também requerem espaçamento entre as edificações de forma a permitir a incidência da radiação solar, e além disso, a utilização de materiais de considerável massa térmica;
- 6% das horas se encontraram na *zona de conforto*: neste caso, as condições climáticas de conforto termo-higrométrico devem ser mantidas - umidade relativa abaixo de 80%, umidade absoluta entre os limites de 17 g/kg e 4 g/kg e temperatura entre 18° e 29°C, para países em desenvolvimento.

Em agosto de 2006, vários dias apresentaram valores abaixo de 30% de umidade relativa do ar, limite considerado pela Organização Mundial de Saúde (OMM) como crítico para a saúde humana. Foram constatados valores de umidade relativa do ar em torno de 32% no dia 21 de agosto em alguns dos pontos monitorados no AU-RMC e valores de 26,8% na Estação Meteorológica do SIMEPAR na UFPR em Curitiba, onde chegou a ser registrado o índice de 19,2% no dia 23 de agosto.

Para Givoni (1992) valores abaixo de 4 g/kg de umidade absoluta e temperaturas inferiores a 27°C definem a *zona de umidificação*: neste caso o desconforto termo-higrométrico pode ser diminuído com o uso da umidificação, estratégia que pode ser utilizada tanto no interior como no exterior das edificações. No Diagrama da Figura 5.9 verifica-se que alguns valores medidos em campo se encontraram abaixo deste limite de umidade absoluta.

Observa-se porém, que estes índices de UR são pouco comuns em Curitiba, conhecida como “cidade úmida e fria”, e, portanto, os baixos valores de UR encontrados podem ser, ainda, considerados como exceção.

**Conforme Sorre (1984), a zona de conforto se encontra entre as temperaturas de 16º a 23ºC.**

Visando relacionar a temperatura e a umidade do ar à temperatura fisiológica e verificar as “temperaturas de igual conforto”, foi realizado o cálculo da Temperatura Efetiva citado por Ayoade (2003, p. 65). O Índice de Temperatura Efetiva (TE), é fornecido pela Equação 6 (Item 2.4):

$$TE = 0,4 (T_s + T_u) + 4,8 \quad (6)$$

Onde:

$T_s$  e  $T_u$  são as temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido medidas em °C.

Utilizando-se esta equação calculou-se a Temperatura Efetiva (TE) para os dados obtidos em campo no dia 21 de agosto de 2006, para viabilizar a comparação entre os níveis de conforto termo-higrométrico nos diferentes locais estudados.

A amplitude térmica (K) foi calculada considerando-se a diferença entre as temperaturas de bulbo seco (TBS) tomadas em campo e nas estações meteorológicas às 6 e às 15 horas. A Tabela 5.5 apresenta os resultados de TE e K.

TABELA 5.5 – AU-RMC: distribuição espaço-temporal da Temperatura Efetiva (ET) e da Amplitude Térmica (K)

Temperatura do Ar (°C) - dia 21.agosto.2006										
		6h		9h		15h		21h		K (TBS)
		TBS	TE	TBS	TE	TBS	TE	TBS	TE	
Estações Meteorológicas	A SIMEPAR - UFPR	5,1		6,6		15,2		6,5		10,1
	B SIMEPAR - Pinhais	3		6,5		15,6		4,6		12,6
	C Aeroporto - SBCT	3,8		6,9		15,8		4		12
	D Aeroporto - Bacacheri -SBBM	5,5		8,5		15,9		5,7		10,4
	E Campo Comprido	4,6		7		14,3		7,4		9,7
	F PUC-Fazenda Rio Grande	1,1		4,5		*		5,6		*
Pontos Monitorados	1 Fazenda Rio Grande	0,7	4,8	5,7	8	15,7	14,4	3,7	7,2	15
	2 Fazenda Rio Grande	2,0	6,3	6,0	8,7	16,0	14,3	5,0	8,3	14
	3 Fazenda Rio Grande	2,0	6,2	5,5	6,2	18,5	16,8	6,5	9,6	16,5
	4 Centro Histórico	7,3	9,4	8,3	10	20,3	17,4	7,8	10,4	13
	5 São José dos Pinhais	0,5	5,1	7,5	9,2	17,0	16,5	4,0	7,5	16,5
	6 Xaxim	3,8	7,5	8,3	10,1	16,8	15,1	5,8	9,1	13
	7 Araucária	2,8	6,8	10,3	11,6	15,8	14,8	4,8	8,4	13
	8 Colombo	3,3	7,4	12,3	13	17,3	15,8	4,3	7,8	14
	9 Cajuru	5,3	8,5	9,3	10,8	20,3	17,3	6,3	9,4	15
	10 Santa Felicidade	2,6	6,6	6,6	8,6	15,1	13,8	5,6	8,9	12,5
	11 Batel	4,4	7,6	5,2	7,8	11,6	11,5	6,1	8,8	7,2
	12 Novo Mundo	5,8	8,7	8,8	10,9	14,4	15,5	6,8	9,2	8,6
	13 Ahu	5,3	8,4	*	*	14,6	14,2	6,1	9,2	9,3
	14 Almirante Tamandaré	-0,3	4,3	7,7	9,5	13,7	13,1	4,7	8,2	14
	15 Almirante Tamandaré -Dorcas	0,5	4,8	6,5	9,0	19,0	17,6	4,5	8,4	18,5
	16 Campo Comprido	3,0	6,8	8,1	10,5	14,0	14,2	6,3	9,4	11

\* Dados não disponíveis

Fonte: INMET; SIMEPAR; PUC-PR; CINDACTA-II; e dados de Levantamento de Campo

A partir destes dados e da comparação aos limites da *zona de conforto* de Sorre (16º a 23ºC) foi elaborada a carta das Condições de Conforto Térmico relacionadas ao Uso do Solo do AU-RMC (Fig. 5.10). A carta relaciona os valores de albedo das superfícies urbanas, obtidos pela caracterização do tipo de uso do solo, às condições de conforto térmico no horário das 6 horas do dia 21 de agosto de 2006 (horário em que ocorreram as mais baixas temperaturas dentre todas as medições realizadas nos quatro dias monitorados).

São considerados o desconforto térmico por frio (Tab. 5.6) e o desconforto por elevada amplitude térmica diária (Tab. 5.7), o qual, para Curitiba, é relevante, pois o corpo humano necessita de esforço para se adaptar as variações climáticas.

TABELA 5.6 – AU-RMC: grau de desconforto por frio nos locais monitorados – 21.agosto.2006 às 6 horas (considerando-se frio &lt; 16°C)

Grau de Desconforto	Temperatura Efetiva – TE (°C)	Pontos Monitorados
1.	< 5,1	nº 4 Centro Histórico
2.	5,2 – 6,3	nº 9 Cajuru nº 11 Batel nº 12 Novo Mundo nº 13 Ahu
3.	6,4 – 7,5	nº 6 Xaxim nº 7 Araucária nº 8 Colombo nº 10 Santa Felicidade nº 16 Campo Comprido
4.	7,6 – 8,7	nº 2 Fazenda Rio Grande nº 3 Fazenda Rio Grande
5.	8,8 – 9,9	nº 1 Fazenda Rio Grande nº 5 São José dos Pinhais nº 14 Almirante Tamandaré nº 15 Almirante Tamandaré-Dorcas

TABELA 5.7 – AU-RMC: Grau de Amplitude Térmica nos locais monitorados e nas estações meteorológicas – 21.agosto.2006 (considerando-se as temperaturas às 6 e às 15 horas)

Grau	Amplitude Térmica (K)	Pontos Monitorados e Estações Meteorológicas
1.	< 8	nº 11 Batel
2.	8 – 9,9	nº 12 Novo Mundo nº 13 Ahu E CAMPO COMPRIDO
3.	10 – 11,9	nº 16 Campo Comprido A SIMEPAR-UFPR D SBBI-Aeroporto Bacacheri
4.	12 – 13,9	nº 10 Santa Felicidade nº 4 Centro Histórico nº 6 Xaxim nº 7 Araucária C SBCT- Aeroporto São José dos Pinhais B SIMEPAR-PINHAIS
5.	14 – 15,9	nº 1 Fazenda Rio Grande nº 2 Fazenda Rio Grande nº 8 Colombo nº 9 Cajuru nº 14 Almirante Tamandaré
6.	16 – 17,9	nº 3 Fazenda Rio Grande nº 5 São José dos Pinhais
7.	> 17,9	nº 15 Almirante Tamandaré-Dorcas

Comparados aos limites de conforto térmico de Sorre (1984), os dados revelam considerável desconforto térmico por frio e por amplitude térmica, confirmando as duas imagens mais conhecidas formadas pela cultura popular a respeito do clima local, comentadas por Mendonça (2001b, p. 31): a primeira, de que “Curitiba é a capital mais fria do Brasil”; a segunda é a crença popular de que “em Curitiba ocorrem todas as estações do ano num mesmo dia”, e que, segundo o autor, pode ser explicada por sua “grande amplitude térmica diária e anual e tempo freqüentemente instável, apresentado



a ocorrência de vários tipos de tempo num só dia”. O tempo permaneceu estável no dia 21 de agosto, sob o domínio da MPa, tempo típico do inverno curitibano. Assim, as duas imagens que se referem, respectivamente, ao frio e a amplitude térmica, puderam ser confirmadas evidenciando-se como indicadores de desconforto térmico em Curitiba.

**A Temperatura Neutra Exterior (T<sub>ne</sub>) de Aroztegui, em 1995**, terceiro método de avaliação de conforto térmico utilizado, fundamentada nos princípios do Conforto Adaptativo, mas adaptada ao ambiente externo, foi calculada mediante a Equação 4 (Item 2.4), a partir da temperatura média mensal, das médias horárias da radiação solar normal e da velocidade do vento, empregando-se os dados das estações meteorológicas do SIMEPAR e do INMET-UFPR.

Aos valores da Temperatura Neutra Exterior (T<sub>ne</sub>), obtidos para os horários de medição, foram aplicadas as mesmas margens de 80% e 90% de aceitabilidade sugeridas para o Conforto Adaptativo (ACS) por Brager e De Dear (2002) para ambientes internos (Item 2.4), definindo-se, deste modo, a faixa de conforto para os ambientes externos.

As Tabelas 5.8 e 5.9 apresentam respectivamente as faixas de conforto obtidas para os ambientes externos e internos sob o conceito do Conforto Adaptativo. O conforto externo foi obtido pelo cálculo da T<sub>ne</sub> de Aroztegui (1995), considerando-se as faixas de aceitabilidade sugeridas por Brager e De Dear (2002); o conforto interno foi calculado pela Equação 5 (Item 2.4) sugerida pelos mesmos autores.

TABELA 5.8 – AU-RMC: Temperatura Neutra Exterior (T<sub>ne</sub>) – 21.agosto.2006

	T <sub>ne</sub> (para T <sub>mm</sub> =16,3°C)	Limite Superior (90% de aceitabilidade)	Limite Inferior (90% de aceitabilidade)	Limite Superior (80% de aceitabilidade)	Limite Inferior (80% de aceitabilidade)
<b>Agosto</b>					
6:00	18,2	20,7	15,2	21,7	14,7
9:00	17,5	20	15	21	14
15:00	17,3	19,8	14,8	20,8	14,8
21:00	15,2	17,7	12,7	18,7	14,8

Fonte: Dados do SIMEPAR 2006; cálculos da T<sub>ne</sub> conforme Aroztegui, 1995

TABELA 5.9 – AU-RMC: Padrão de Conforto Adaptativo (ACS) – agosto.2006

	T <sub>comf</sub> (para T <sub>a ext</sub> =16,3°C)	Limite Superior (90% de aceitabilidade)	Limite Inferior (90% de aceitabilidade)	Limite Superior (80% de aceitabilidade)	Limite Inferior (80% de aceitabilidade)
<b>Agosto</b>	22,8°C	25,3	20,3	26,3	19,3

Fonte: Dados do SIMEPAR, 2006; cálculos do ACS segundo Brager e De Dear, 2002

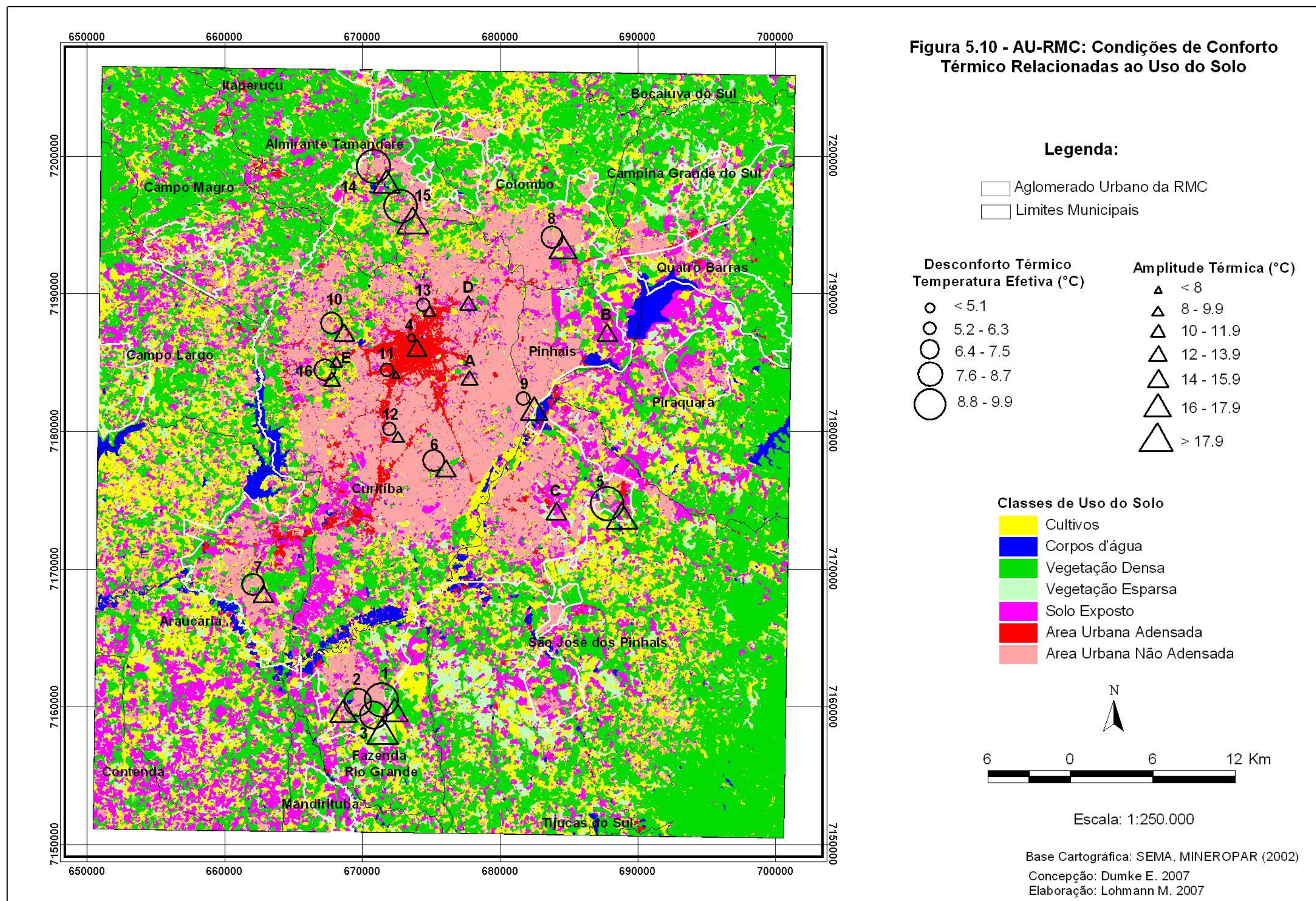
Os resultados quanto os graus de desconforto por frio para os diversos locais, utilizando-se os parâmetros de Aroztegui, em 1995, foram muito semelhantes aos resultados obtidos mediante os critérios de Sorre, em 1984:

TABELA 5.10 – AU-RMC: graus de desconforto por frio nos locais monitorados conforme Aroztegui (1995) e limites do Conforto Adaptativo (ACS) – 21.agosto.2006, às 6, 9, 15 e 21 horas

Grau de Desconforto por Frio		6:00	9:00	15:00	21:00
1.				nº 14 Alm. Tamandaré	
2.			nº 8 Colombo	nº 11 Batel	
3.			nº 7 Araucária		nº 4 Centro Histórico
4.			nº 4 Centro Histórico nº 6 Xaxim nº 9 Cajuru nº 12 Novo Mundo nº 16 Campo Comprido		nº 3 Faz. Rio Grande nº 6 Xaxim nº 9 Cajuru nº 11 Batel nº 12 Novo Mundo nº 13 Ahu nº 16 Campo Comprido
5.			nº 5 São José dos Pinhais nº 10 Santa Felicidade nº 14 Alm. Tamandaré		nº 2 Faz. Rio Grande nº 7 Araucária nº 8 Colombo nº 10 Santa Felicidade nº 14 Alm. Tamandaré nº 15 Alm. Tamandaré-Dorcas
6.	nº 4 Centro Histórico		nº 1 Faz. Rio Grande nº 2 Faz. Rio Grande nº 3 Faz. Rio Grande nº 11 Batel nº 14 Alm. Tamandaré nº 15 Alm. Tamandaré-Dorcas		nº 1 Faz. Rio Grande nº 5 São José dos Pinhais
7.	nº 12 Novo Mundo nº 9 Cajuru nº 11 Batel nº 13 Ahu				
8.	nº 6 Xaxim nº 7 Araucária nº 8 Colombo nº 16 Campo Comprido nº 10 Santa Felicidade				
9.	nº 2 Faz. Rio Grande nº 3 Faz. Rio Grande				
10.	nº 1 Faz. Rio Grande nº 5 São José dos Pinhais nº 14 Alm. Tamandaré nº 15 Alm. Tamandaré-Dorcas				

Observa-se porém, que devido à complexidade do cálculo, da dificuldade de obtenção dos dados e da falta de divulgação do método, persistem dúvidas a respeito do mesmo. Os cálculos baseados em Aroztegui (1995) precisam, portanto, ser revistos em pesquisas futuras. Por este motivo, as cartas finais das Condições de Conforto Térmico relacionadas ao Uso do Solo no AU-RMC (Fig. 5.10) e Condições de Conforto Térmico relacionadas às Condições e Qualidade de Vida no AU-RMC (Fig. 5.14), não se fundamentaram na Tne, mas foram elaboradas com base nos limites de Sorre (1984).







**A Carta de Condições de Conforto Térmico relacionadas ao Uso do Solo do AU-RMC** (Fig. 5.10), relaciona às diversas paisagens intra-urbanas:

- as condições de conforto higro-térmico e a amplitude térmica do dia 21 de agosto de 2006 e para o horário das 6 horas da manhã, quando chegaram a ocorrer temperaturas negativas no extremo Norte da mancha urbana; e
- a carta do uso do solo, classificado segundo os valores de albedo, por meio da imagem de satélite Landsat 7 ETM+ de setembro de 2002, elaborada na Análise Espacial (Fig. 3.6, Cap. 3).

Embora o grau de generalização resultante da escala da carta não permita uma avaliação detalhada da articulação entre o desconforto e o uso do solo, observa-se claramente a correspondência entre o predomínio de certas classes de uso do solo e alguns agrupamentos de ambientes caracterizados por determinadas condições de conforto termo-higrométrico.

Esta correspondência se deve a um conjunto de fatores relacionados, como o albedo das superfícies, a estrutura e a configuração urbanas e o calor antropogênico; fatores que se diferenciam conforme os tipos de uso do solo. A estes fatores se relacionam as características naturais do sítio as quais, além de orientarem a ocupação do solo e as formas de urbanização, são também formadoras das condições climáticas intra-urbanas, ampliando as diferenciações das condições de conforto intra-urbanas, em alguns casos, e, em outros, as amenizando. Desta forma, a alteração de cada um dos fatores (naturais, construídos ou ligados às atividades humanas) modifica as condições climáticas e de conforto térmico intra-urbano. As características do sítio, portanto, também são comentadas conforme sua relevância para o ambiente analisado, mesmo não sendo possível sintetizá-las de forma clara numa mesma carta, e uma vez que já se encontram representadas no presente trabalho.

Os três conjuntos de ambientes que se distinguem na mancha urbana por suas condições semelhantes de conforto térmico são: os ambientes situados na área urbana mais adensada e em suas imediações<sup>3</sup>; os ambientes inseridos nas áreas urbanas não adensadas; e os ambientes nos limites da mancha urbana, mais periféricos.

---

<sup>3</sup> Nota-se que a área mais adensada corresponde em linhas gerais à ocupação mais antiga, anterior a 1955, na Figura 2.9, e posteriormente objeto de diversos planos urbanos.

**Na porção central do Aglomerado Urbano**, onde a cor vermelha indica a área mais adensada, evidencia-se um conjunto de ambientes de menor grau de desconforto térmico por frio e de menores amplitudes térmicas diárias: Ahu (nº 13), Centro Histórico (nº 4), Batel (nº 11) e Novo Mundo (nº 12).

O primeiro e o último, situados nos limites da área urbana mais adensada ao Norte e ao Sul, possuem condições de conforto muito semelhantes. Nas suas características naturais, se diferenciam pela declividade mais intensa no Ahu, de vertente orientada a Sudoeste, enquanto o ambiente no Novo Mundo se situa numa área plana. Quanto às características urbanas, embora sejam áreas com o predomínio de residências, os locais monitorados têm diferentes tipologias (Fig. 3.17 e 3.18).

Outros dois ambientes, Centro Histórico e Batel, se encontram completamente inseridos na área mais adensada da cidade, porém, como mencionado, apresentam tipologias distintas. No Centro Histórico, a limitação da altura das edificações permite a melhor insolação das superfícies do solo e dos andares mais baixos das edificações embora a configuração e a densidade urbana neste bairro central constituam obstáculos à ventilação na *canopy layer*. Tais características urbanas justificam as condições de menor desconforto térmico por frio entre todos os ambientes monitorados, mas uma amplitude térmica maior que a dos outros ambientes da área mais adensada da cidade.

Em oposição, no Batel, área de edifícios altos que compõe o Eixo Estrutural, a insolação dos pavimentos inferiores e da superfície do solo é prejudicada notadamente no inverno, pois ocorre apenas nos horários em que o ângulo da altura do Sol é maior. Por seu menor aquecimento solar durante o dia anterior em relação ao Centro Histórico, o Batel apresenta um desconforto por frio superior àquele. Entretanto, conforme constatou Collischon (1998, p. 153) “a urbanização, quando verticalizada, funciona como armazenador de calor”, fato que se evidencia pela menor amplitude térmica apresentada por este ambiente entre todos os avaliados.

**Os ambientes inseridos nas áreas urbanas não adensadas** representadas na cor rosa na carta, possuem condições de conforto intermediárias quanto aos dois parâmetros analisados. Este conjunto é composto ambientes em bairros de Curitiba, como Xaxim (nº 6), Santa Felicidade (nº 10) e Campo Comprido (nº 16) e em dois municípios bastante urbanizados e industrializados do AU-RMC: Araucária (nº 7) e Colombo (nº 8).

Estes dois municípios localizados respectivamente ao Sul e ao Norte da mancha urbana se assemelham na tipologia das edificações, na configuração e nas funções urbanas (ambos os ambientes situam-se em área residencial inseridas em

regiões bastante industrializadas). Quanto às características do sítio também há semelhanças: apenas se diferenciam pela orientação de vertentes e pela localização no AU-RMC. O ambiente em Araucária, situa-se na vertente Sudeste e ao Sul da mancha urbana; e Colombo situa-se na vertente Norte e ao Norte da mancha urbana, apresentam o mesmo grau de desconforto por frio, embora em Colombo a amplitude térmica tenha sido um pouco maior.

O bairro curitibano do Xaxim possui características urbanas semelhantes às dos dois municípios comentados. Porém, se diferencia por sua maior altitude em relação àqueles ambientes e em um topo, onde a ventilação é ampla e livre. Estas distinções, relativas à natureza do sítio, não chegaram a alterar as condições gerais de conforto térmico intra-urbanas em relação à Araucária e Colombo, ou, podem tê-las compensado em relação à sua localização mais centralizada no Aglomerado Urbano.

Os bairros curitibanos Santa Felicidade e Campo Comprido situam-se à Oeste da cidade, e, embora totalmente nela inseridos, contam com uma significativa área verde, representada na carta pela mancha verde-amarela que rasga a área urbana não adensada. Os dois ambientes apresentam graus de desconforto térmico por frio semelhantes aos ambientes em Araucária, Colombo e Xaxim. Porém, o Campo Comprido apresenta amplitude térmica diária um pouco menor. Apesar da proximidade das áreas verdes, este ambiente está relativamente próximo à área verticalizada ao longo do eixo de transporte da Conectora Cinco. A estação meteorológica localizada entre o ambiente do Campo Comprido e a Conectora, apresenta uma amplitude térmica ainda menor, semelhante à encontrada nas áreas urbanas mais adensadas e centrais. No entanto, os ambientes em Campo Comprido e em Santa Felicidade se situam em locais elevados, de 965 metros de altitude, comparáveis à encontra no extremo Norte do AU-RMC. A declividade em ambos é significativa, sendo que o ambiente de Santa Felicidade se situa em vertente Sul e conta com uma ventilação superficial Norte-Sul de média velocidade, devido ao relevo e à sua localização na encosta, enquanto o Campo Comprido, conta com alta velocidade dos ventos superficiais Norte-Sul e se situa em vertente Oeste. Estas características naturais, associadas ao albedo das superfícies, ao grau de urbanização e à proximidade de eixos de transporte, resultaram em condições de conforto intra-urbano intermediárias, semelhantes aos outros ambientes do conjunto.

**O terceiro conjunto, localizado nos limites ao Sul, ao Leste e ao Norte do Aglomerado Urbano,** apresenta as condições mais desfavoráveis quanto ao

desconforto por frio e às amplitudes térmicas: os ambientes em Fazenda Rio Grande (nº 1, 2 e 3); São José dos Pinhais (nº 5); Almirante Tamandaré (nº 14); e Almirante Tamandaré-Dorcas (nº 15). Os seis ambientes se localizam na área urbana não adensada, mas próximos às áreas rurais. Com exceção da favela vizinha ao ambiente de Almirante Tamandaré-Dorcas, a tipologia das habitações do entorno dos locais avaliados é muito semelhante: são casas simples, pequenas, afastadas entre si. Embora situados em áreas de atividade industrial, o acúmulo de calor não é significativo devido a pouca densidade das edificações, a pouca massa térmica, a alta taxa de permeabilidade do solo e ao vento (pouca rugosidade) e, provavelmente ao albedo das superfícies, que, por ser variado nestes locais, demandariam uma análise mais detalhada. Observa-se que, de modo geral, a baixa densidade devido à localização periférica em relação à mancha urbana associada às características naturais, superam a produção do calor antropogênico na definição das condições de conforto térmico nestes locais.

Porém, há um fator agravante na produção do maior desconforto por frio e por amplitude térmica nestes locais: a conformação do relevo em escala mais ampla forma um corredor de vento no sentido Nordeste-Sudoeste, favorecendo a entrada das frentes frias e massas de ar frio que muitas vezes entram na região provenientes desta orientação e deixando desprotegidas as áreas ao Sul e ao Norte do AU-RMC.

O ambiente monitorado em São José dos Pinhais e situado em fundo de vale no sentido Leste-Oeste, fica desprotegido do vento proveniente do Leste possibilitado pela falha existente neste trecho da Serra do Mar. Note-se que este ambiente, além de se situar no sentido preferencial do vento, conta com uma orientação desfavorável pois se encontra na vertente Sul.

Nos dois ambientes localizados em Almirante Tamandaré, a atmosfera poluída pelas indústrias de calcário se evidencia não só pela qualidade do ar, como pela coloração esbranquiçada da vegetação nos arredores. Ambos os ambientes avaliados neste município se encontram nas proximidades de um importante eixo de transporte, a rodovia PR-092. Entretanto, nem a poluição e nem o calor antropogênico proveniente das indústrias e do intenso fluxo de veículos foram suficientes para amenizar o rigor das condições do clima nos dois ambientes em Almirante Tamandaré, caracterizados pela elevada altitude e pela baixa densidade urbana. Ambos se situam em locais de baixa declividade e baixa velocidade dos ventos ou calmaria, mas a altitude é elevada, principalmente na entrada da cidade: 967 metros em Almirante Tamandaré (nº 14) e



921 metros em Almirante Tamandaré-Dorcas (nº 15), que se situa em fundo de vale.

No outro extremo do AU-RMC, ao Sul, os três ambientes monitorados em Fazenda Rio Grande também apresentam condições desfavoráveis de conforto térmico, devido aos motivos já expostos. As pequenas diferenciações nas variações no grau de desconforto por frio e na amplitude térmica se devem, principalmente às características naturais do sítio. O ambiente nº 1, entre os bairros Santarém e Nações, situa-se em baixa altitude, a 899 metros e em um fundo de vale, caracterizando-se pela situação de calmaria; o ambiente nº 2, no bairro Gralha Azul, a 918 metros de altitude, conta com baixa velocidade dos ventos de superfície; o ambiente nº 3, no bairro Jardim Veneza, situa-se em local um de altitude mais elevada, a 927 metros, e sua posição na encosta, lhe garante alta velocidade dos ventos superficiais. A direção preferencial dos ventos superficiais orientados pelo relevo para os três locais, é Noroeste Sudeste. Esta configuração resultou no maior grau de desconforto por frio no ambiente nº 1 (baixa altitude e fundo de vale); e numa maior amplitude térmica no ambiente nº 3 (maior altitude e maior velocidade dos ventos).

**Um único ambiente apresentou condições contraditórias** não podendo ser enquadrado em nenhum dos grupos estabelecidos: o Cajuru (nº 9), que se caracterizou ao mesmo tempo por um baixo desconforto por frio e um alto desconforto por maior amplitude térmica diária, como se observa na carta. Este ambiente se situa em local de baixa altitude para os padrões do AU-RMC: 880 metros, no fundo de vale do Rio Iguaçu, em uma ocupação irregular, em área de preservação ambiental e sujeita a enchentes.

### **Comparando as condições climáticas intra-urbanas quanto à temperatura do ar e à amplitude térmica diária**

Convertendo os dados de temperatura do ar (Tbs) em gráficos, pode-se visualizar as expressivas diferenças das condições de desconforto por frio entre os locais monitorados em campo e nas estações meteorológicas no dia 21 de agosto.

A Figura 5.11 traz as temperaturas às 6 horas da manhã nestes locais, organizadas em ordem crescente. Observa-se uma IC de 7,6 K entre os ambientes em Almirante Tamandaré e no Centro Histórico.

A Figura 5.12 traz as amplitudes térmicas neste mesmo dia, considerando-se as temperaturas tomadas as 6 e às 15 horas, também organizadas em ordem

crescente. Destacam-se as amplitudes térmicas reduzidas no Batel (7,2 K) e as elevadas em Almirante Tamandaré-Dorcas (18,5 K).

FIGURA 5.11 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] nos locais avaliados – 21.agosto.2006, às 6 horas

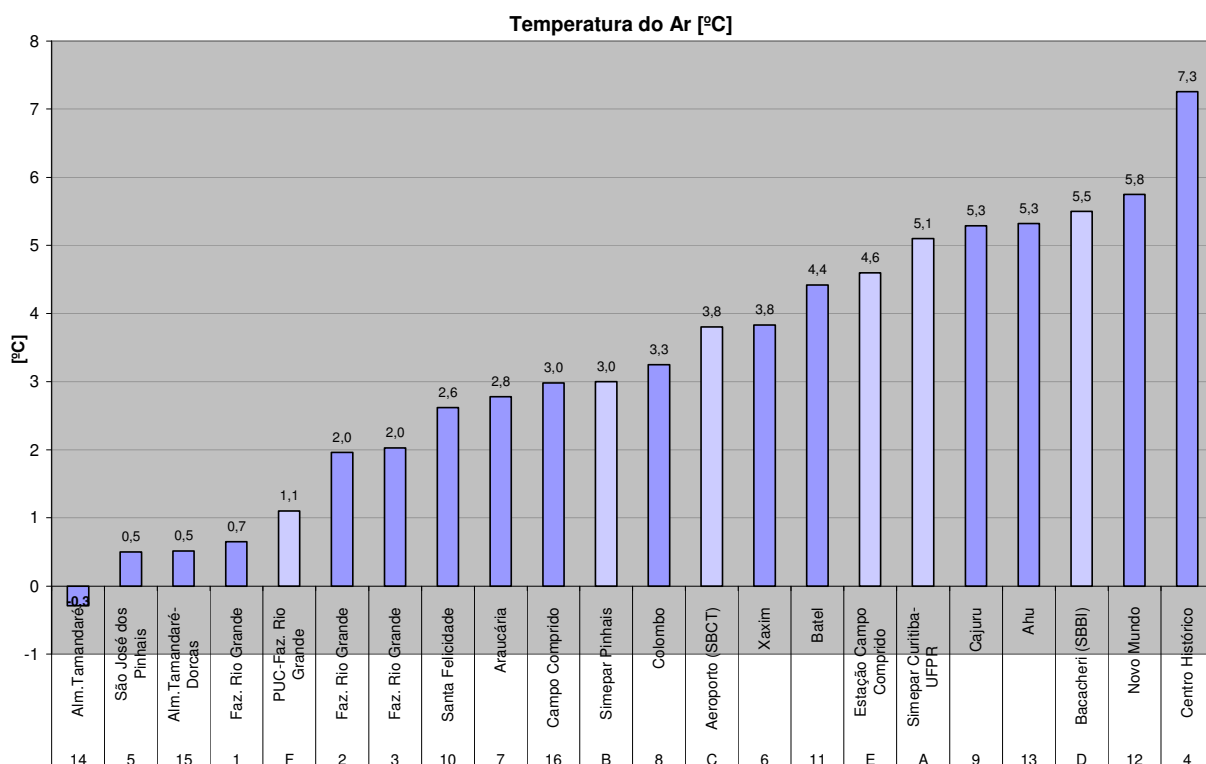
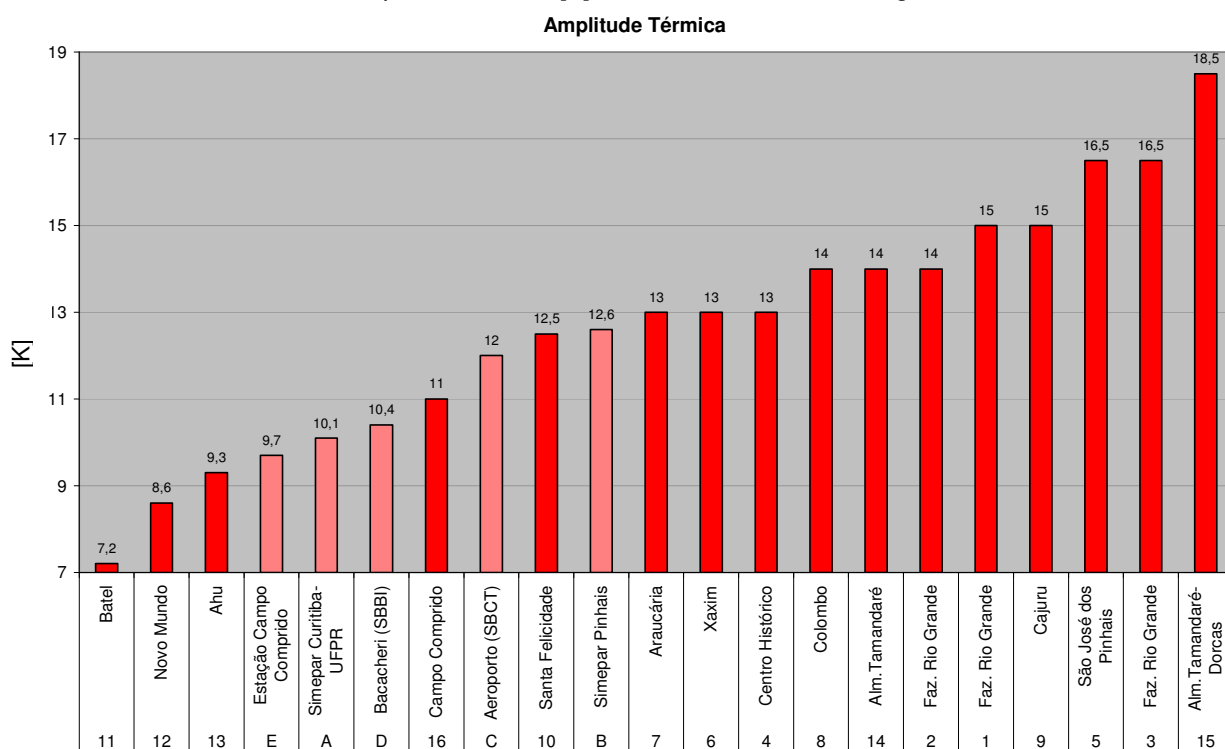
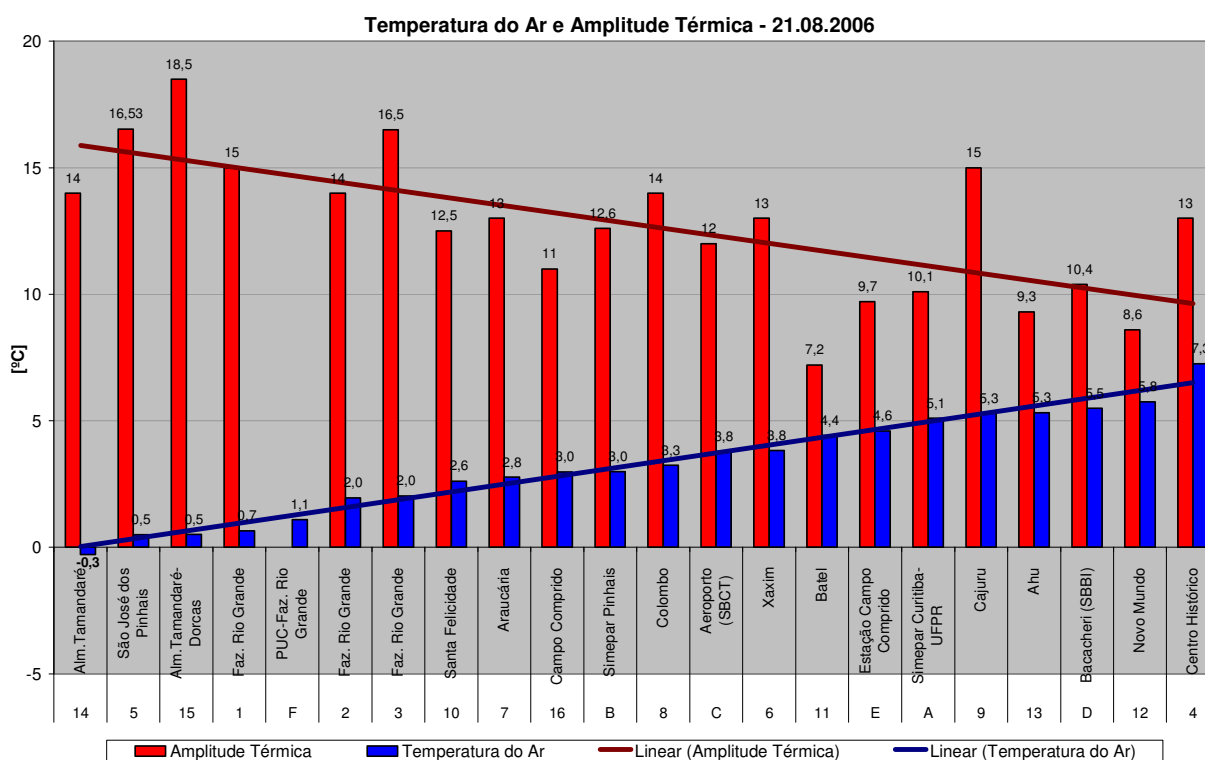


FIGURA 5.12 – AU-RMC: Amplitude Térmica [K] nos locais avaliados – 21.agosto.2006



A Figura 5.13 confronta os dados de temperaturas (tomadas às 6 horas) aos dados de amplitude térmica diária (6 e 15 horas) no dia 21 de agosto. Verifica-se uma certa coincidência entre os locais que apresentaram as temperaturas mais baixas e aqueles de maiores amplitudes térmicas diárias (Fig. 5.11 e 5.12). Observam-se os maiores graus de desconforto por frio nos municípios de Almirante Tamandaré, São José dos Pinhais e Fazenda Rio Grande; as maiores amplitudes térmicas também ocorrem nestes municípios, acrescentando-se o bairro do Cajuru em Curitiba. Esta correspondência é confirmada pelas linhas de tendência.

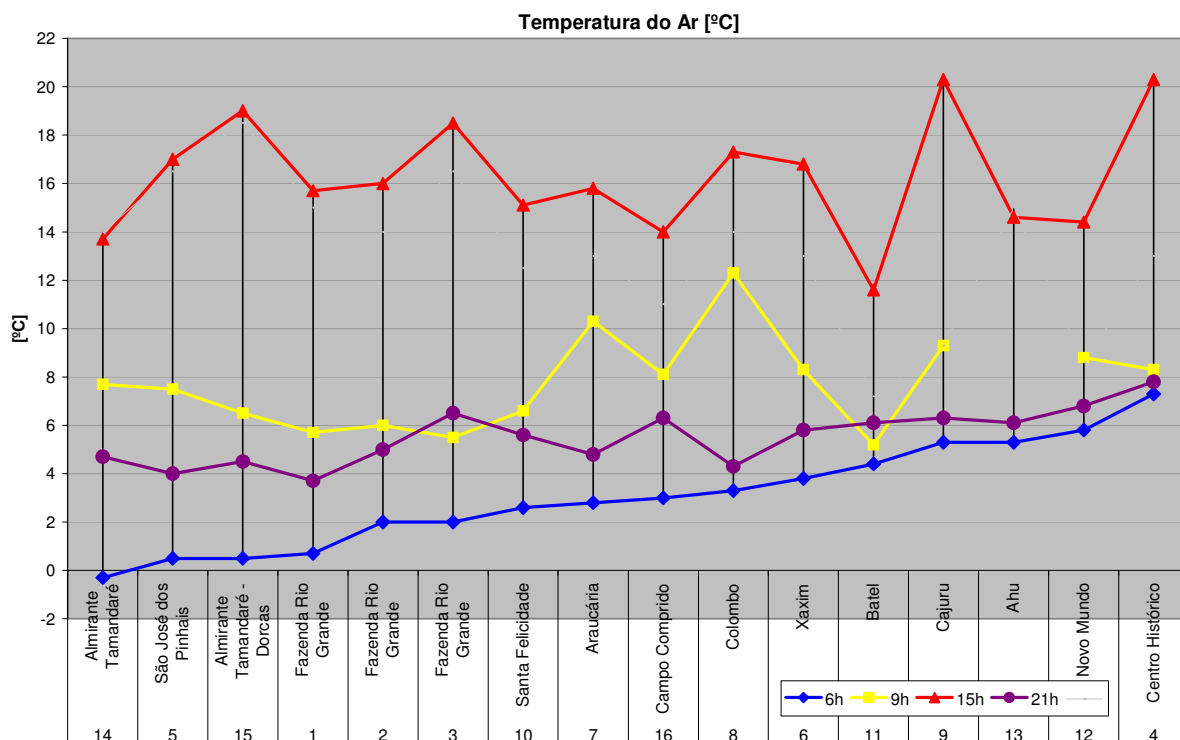
FIGURA 5.13 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] às 6 horas e Amplitude Térmica [°C] – 21.agosto.2006



A Figura 5.14 apresenta as temperaturas coletadas nos quatro horários de medição no dia 21 de agosto de 2006, nos dezesseis locais monitorados em campo. O gráfico foi organizado em ordem crescente de temperatura considerando-se o horário mais frio (6 horas da manhã).

Observa-se que nem sempre os mesmos locais apresentaram os maiores ou os menores graus de desconforto. Os locais se aqueceram em diferentes graus, mas também em ritmos diversos, conforme suas características físicas (naturais e construídas) conjugadas ao calor antropogênico conforme descrito anteriormente.

FIGURA 5.14 – AU-RMC: Temperatura do Ar [°C] nos pontos monitorados – 21.agosto.2006



Nota-se, por exemplo, ao longo do dia, distintas dinâmicas térmicas entre o Batel, o Cajuru e o Centro Histórico, embora às 6 e às 21 horas estes locais estivessem entre os cinco que demonstraram o menor grau de desconforto térmico por frio, e mesmo que os três locais se encontrem em áreas com alto grau de urbanização. Porém, as características construtivas e naturais diferem nestes locais, alterando o balanço térmico, assim como são diferenciadas as características sociais e conseqüentemente, o grau de vulnerabilidade social nestes locais em relação às variabilidades do clima.

As diferenciações se ampliam quando incluídos os locais de maior desconforto térmico. As relações entre o conforto térmico e as condições e qualidade de vida nas paisagens intra-urbanas do AU-RMC consistem no tema da próxima subseção.

### 5.3 AU-RMC: CONFORTO TÉRMICO, CONDIÇÕES E QUALIDADE DE VIDA

As periferias das cidades não se caracterizam somente pela distância física dos locais aos centros urbanos, mas também pelas desigualdades das condições sociais de vida evidenciadas pelos seus moradores (ULTRAMARI e MOURA, 1994, p. 37):

Socialmente, as periferias urbanas são áreas de concentração de moradia de população de baixa renda, carentes dos serviços básicos essenciais e sofrendo os efeitos de longos deslocamentos para o trabalho, o consumo e o lazer. Reforça um ciclo de pobreza cada vez mais difícil de quebrar. Carentes como um todo, as áreas periféricas implicam, também, a deterioração progressiva da cidade e da vida urbana como um todo. Crescendo continuamente, elevam as demandas nas áreas centrais, onde buscam os serviços que aí existem.

De acordo com os referidos autores as periferias urbanas se configuram como...

um mosaico composto de quadras que nem sempre se encaixam; terrenos que parecem não ter acesso; ruas descontínuas; vias de comunicação expressa (grandes avenidas, linhas de trem, metrô e até pedaços de estrada) dividindo comunidades; pequenas sobras de vegetação; rios poluídos com barracos nas margens e que somem abruptamente ao aproximarem-se das áreas centrais, em canalizações; algumas fábricas vizinhas a áreas residenciais.

O crescimento acelerado sofrido pela metrópole curitibana a partir da década de 1970 foi primeiro causado pelo êxodo rural devido à mecanização da agricultura e associado à industrialização de Curitiba, pela imagem positiva da cidade veiculada pela municipalidade, e, mais recentemente, pela industrialização dos outros municípios do AU-RMC mediante a instalação das indústrias automotivas (MENDONÇA, 2001b).

Estudando os fluxos migratórios e vulnerabilidade socioambiental, Deschamps (2004) comprova que a distribuição espacial da população na RMC ocorre associada ao processo de segregação socioespacial: a migração se realiza mediante um padrão seletivo, em que as camadas mais desfavorecidas da população se dirigem para as áreas periféricas do AU-RMC, carentes de infra-estrutura e portanto com um

valor da terra mais acessível, porém bem dotadas de rede de transporte favorecendo a ligação com o município pólo, onde buscam trabalho ou estudo. Assim, um fluxo diário ocorre principalmente dos municípios de Almirante Tamandaré, Colombo, Fazenda Rio Grande, Pinhais, Piraquara e São José dos Pinhais, para Curitiba.

Porém, a partir de 1990 com o surgimento de condomínios residenciais exclusivos nas áreas mais distantes ao centro, os fluxos também ocorrem no sentido do município-pólo à periferia, por parte de pessoas de nível de renda elevado, caracterizando o processo de auto-segregação.

Deschamps (2004) confirma ainda a tendência demonstrada pelos grupos de maiores desvantagens sociais (configuradas pela situação econômica, habitacional, educacional e características demográficas), de residirem em áreas sujeitas a riscos ambientais, como as áreas de várzea à Leste da RMC, ou áreas de maior vulnerabilidade social, como Fazenda Rio Grande, algumas áreas em Piraquara, São José dos Pinhais, Campina Grande do Sul e Colombo, ou em Curitiba, no Cajuru.

No presente trabalho, constatou-se que algumas das áreas apontadas por Deschamps (2004) como de população de condições de vida mais desfavoráveis ou de maior vulnerabilidade socioambiental na Curitiba atual coincidem com os maiores índices de desconforto térmico por frio e/ou pelas grandes amplitudes térmicas em situação de inverno. As condições de maior desconforto foram apresentadas em especial nos municípios de Almirante Tamandaré, Fazenda Rio Grande e na periferia de São José dos Pinhais. O Cajuru, embora não tenha apresentado um maior nível de desconforto por frio em relação aos outros espaços, apresentou considerável amplitude térmica (Fig. 5.13). Esta sobreposição de desvantagens, torna estes grupos ainda mais fragilizados.

Para uma investigação mais criteriosamente da relação entre o grau de conforto térmico e as condições e qualidade de vida dos lugares, procurou-se caracterizar socialmente os espaços estudados com maior atenção. Utilizou-se, para tanto, não somente os índices já pesquisados e representados nas cartas da Taxa de Pobreza e de Adequação Geral das Habitações (Fig. 3.7 e 3.8, Capítulo 3), como buscou-se novos parâmetros: o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH-M, um dos mais conhecidos métodos de avaliação social, embasado no IDH utilizado internacionalmente e o índice de Vulnerabilidade Social de Deschamps (2004).



**O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M)**, foi elaborado e divulgado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o Instituto de Pesquisa Aplicada (IPEA) e a Fundação João Pinheiro para os municípios brasileiros. O IDH-M é composto pelos indicadores de educação (IDH-E), relativo à alfabetização e taxa de frequência escolar, longevidade (IDH-L) e renda (IDH-R) da população, cujos índices variam de 0 a 1, sendo que 1 corresponde aos melhores valores. A média aritmética simples destes índices resulta no IDH-M (IPARDES, 2003).

A taxa de alfabetização (com peso 2), é o percentual da população com idade de 15 anos e mais, capaz de ler e escrever um bilhete simples; a taxa de frequência escolar, é o somatório simples de pessoas, que freqüentam os cursos desde o fundamental até a pós-graduação, dividido pela população de 7 a 22 anos; a longevidade (esperança de vida ao nascer) indica as condições de saúde e salubridade do local; e a renda local é o somatório das rendas de todos os residentes dividido pela população. A Tabela 5.11, apresenta o IDH-M e os índices que o compõem, para os municípios do AU-RMC:

TABELA 5.11 – AU-RMC: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e componentes, por município – 2000

Município	Esperança de vida ao nascer <sup>1</sup>	Taxa de alfabetização de adultos <sup>2</sup>	Taxa bruta de frequência escolar <sup>3</sup>	Renda municipal per capita <sup>4</sup>	Índice de esperança de vida (IDHM-L)	Índice de educação (IDHM-E)	Índice de PIB (IDHM-R)	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M)
<b>Almirante Tamandaré</b>	66,1	89,94	73,51	197,65	0,685	0,845	0,655	<b>0,728</b>
<b>Araucária</b>	73,8	94,22	81,84	242,06	0,813	0,901	0,689	<b>0,801</b>
<b>Campina Grande do Sul</b>	70,7	92,19	72,13	212,54	0,762	0,855	0,667	<b>0,762</b>
<b>Campo Largo</b>	69,2	93,25	77,55	267,31	0,737	0,880	0,706	<b>0,774</b>
<b>Campo Magro</b>	67,5	90,30	70,55	223,67	0,708	0,837	0,676	<b>0,740</b>
<b>Colombo</b>	69,3	92,78	75,52	236,16	0,738	0,870	0,685	<b>0,764</b>
<b>Curitiba</b>	71,6	96,62	90,44	619,82	0,776	0,946	0,846	<b>0,856</b>
<b>Fazenda Rio Grande</b>	70,7	92,79	77,06	194,31	0,762	0,875	0,652	<b>0,763</b>
<b>Pinhais</b>	74,3	94,16	82,39	292,98	0,822	0,902	0,721	<b>0,815</b>
<b>Piraquara</b>	67,5	91,39	74,84	208,89	0,708	0,859	0,664	<b>0,744</b>
<b>Quatro Barras</b>	67,9	92,85	80,35	294,64	0,714	0,887	0,722	<b>0,774</b>
<b>São José dos Pinhais</b>	70,8	94,31	79,31	311,29	0,764	0,893	0,731	<b>0,796</b>

(1) Anos de vida.

(2) População alfabetizada de 15 anos e mais/total dessa faixa etária\*100.

(3) População que frequenta a escola (ensino fundamental, médio, superior e especialização)/população na faixa entre 7 e 22 anos\*100.

(4) Todo tipo de renda obtida pelos moradores/total de moradores, expressa em reais, pela cotação de 01 de agosto de 2000.

FONTES: IPARDES, 2003

O IDH-M é um índice bastante prático e ao mesmo tempo expressivo, devido à seleção de seus componentes. No entanto, é um índice generalizador: como é calculado para os municípios, deixa de revelar as diferenciações internas dos mesmos, o que no caso de Curitiba, e, mesmo Araucária e São José dos Pinhais é bastante relevante.

Assim, ainda que Curitiba se destaque pelo seu Índice de Desenvolvimento Humano Municipal considerado de “alto desenvolvimento” (0,856 no ano 2000) em relação ao índice médio do Paraná (0,786) e ao do Brasil (0,764), ambos considerados de desenvolvimento “de médio a superior” (IPARDES, 2003),

a realidade curitibana está inserida numa dimensão maior de complexidades sociais, econômicas e políticas que caracterizam os países em desenvolvimento, ou subdesenvolvidos. Ainda que uma representativa parcela de sua população esteja enquadrada nos altos índices de desenvolvimento, uma outra, também representativa, vive à mercê de dificuldades básicas de sobrevivência [...] constata-se maior concentração da população de renda mais elevada (de 10 a 15 e acima de 15 salários mínimos) na região central da cidade – centro e áreas contíguas, decaindo à medida que saindo desta área se vai em direção às fronteiras do município com seus vizinhos imediatos (MENDONÇA, 2001b, p. 136-139)

Este padrão de estratificação socioespacial apresentado pelo município de Curitiba se estende por todo o seu Aglomerado Urbano.

Porém, as diversidades internas aos municípios são mais bem reveladas pelos outros índices investigados, que se fundamentam nos setores censitários do IBGE, permitindo a individualização de unidades espaciais menores que o município. A Adequação das Habitações, a Taxa de Pobreza e a Vulnerabilidade Social, se baseiam nestas unidades, possibilitando a melhor compreensão da distribuição espacial das habitações.

Neste sentido, o IPARDES (2005, p. 26) faz distinção entre “domicílios em situação de inadequação fundiária”, que representam os domicílios próprios sem propriedade do terreno, e “domicílios em aglomerados subnormais”, que se referem à “precariedade das condições de moradia, seja resultante das condições físicas do imóvel ou de seu entorno, seja pela carência ou indisponibilidade de infra-estruturas e serviços”.

Quando mais de 50% dos domicílios não possuem a propriedade do terreno, considera-se área de irregularidade fundiária, situação que se verifica em alguns bairros do município pólo: Cajuru, Uberaba, Boqueirão, Cidade Industrial e nas favelas nas áreas mais centrais. Nos outros municípios do AU-RMC, essas condições são encontradas em áreas limítrofes a Curitiba: na ocupação do Guarituba pertencente a Piraquara; e em Colombo (IPARDES, 2005, p. 26).

Os domicílios em aglomerados subnormais correspondem a 7,9% das moradias do município de Curitiba (34.495 moradias, situadas sobretudo nas favelas da porção central da cidade e nos bairros do Cajuru, Cidade Industrial e Tatuquara); e a 2% dos domicílios nos outros municípios do AU-RMC (5.372 moradias), situadas principalmente em Colombo, Araucária e Almirante Tamandaré (IPARDES, 2005, p. 26).

**A Adequação das Habitações** é medida por meio de indicadores referentes à disponibilidade de energia elétrica, à condição de saneamento básico e à densidade dos moradores. Estes indicadores revelam as condições de segurança e conforto dos imóveis e a saúde dos moradores (IPARDES, 2005, p. 27).

O número de cômodos por domicílio e a alta densidade de moradores por dormitório são referenciais de salubridade e promiscuidade. O reduzido número de cômodos pode indicar a convivência inadequada de funções (sanitárias, cozinha e repouso). A ausência de banheiro no interior do domicílio revela o extremo da carência de condições sanitárias. O município pólo concentra o maior número de domicílios com estas inadequações, seguido de São José dos Pinhais, de Colombo e Araucária.

A canalização de água nos domicílios urbanos também é desigualmente distribuída. Curitiba, mesmo com 98,6% dos domicílios contando com canalização, apresenta 6.689 domicílios com esta carência, o maior índice encontrado nos municípios do AU-RMC, seguida por São José dos Pinhais com 4.612 domicílios.

Em relação à falta de esgotamento sanitário adequado, estas disparidades se ampliam, notadamente nos municípios vizinhos ao pólo (em 54.005 domicílios, 12.733 destes em Almirante Tamandaré), mas também em Curitiba (em 32.456 domicílios). Em Curitiba, estas condições se concentram no extremo Sul, onde em algumas áreas cerca de 50% dos domicílios não contam com saneamento adequado. A coleta de lixo é realizada em 95% do AU-RMC (IPARDES, 2005, p. 27).

Segundo o IPARDES (2005), considerando-se o atendimento a todas as condições de adequação geral das habitações (abastecimento de água, escoamento

sanitário, coleta de lixo e densidade de moradores por dormitório), o AU-RMC se revela uma região socioespacialmente desigual. Evidencia-se um processo de periferização, mediante a valorização do solo nas áreas mais próximas ao centro urbano e pelas restrições impostas pelo planejamento urbano de Curitiba, induzindo a ocupação dos municípios vizinhos. Outro fator de distribuição socioespacial das migrações se refere à oferta de emprego pela existência de atividades produtivas (ULTRAMARI e MOURA, 1994).

A concentração das camadas mais desfavorecidas da população numa periferia que se estende progressivamente, acarreta em sobrecarga aos órgãos públicos, que acaba por deixar essa população desatendida quanto à infra-estrutura urbana e aos serviços essenciais, que em decorrência, apresenta baixos padrões de qualidade de vida.

A estratificação socioespacial do AU-RMC é assim sintetizada quanto à adequação geral das habitações (IPARDES, 2005, p. 28):

Apesar das disparidades presentes no município pólo, a ele pertence a maior proporção de domicílios urbanos com adequação geral (79,7%), seguido dos municípios vizinhos (55,9%). Ainda assim, Curitiba apresenta o maior número de habitações inadequadas (95.573), seguida de São José dos Pinhais e de Colombo (que somam 95.923 domicílios nestas condições), mas também são em número expressivo em Almirante Tamandaré, Araucária e Campo Largo.

Percebe-se ainda a maior percentagem de habitações adequadas nas porções centrais de Araucária, Colombo e São José dos Pinhais e Pinhais. Nos municípios ao Norte e Nordeste da RMC, há uma proporção intermediária de domicílios adequados devido às fossas sépticas. Nos municípios do Sul, existem as mais baixas proporções de adequação, bem como em áreas limítrofes a Curitiba, em Almirante Tamandaré e em Campo Largo. Em Curitiba, as menores proporções de adequação geral dos domicílios estão no extremo Sul.

**A Taxa de Pobreza** é estabelecida utilizando-se o conceito de pobreza adotado por IPARDES (2005): renda média mensal familiar *per capita* inferior a 0,5 salário mínimo. Segundo Deschamps (2004), o elemento fundamental da vulnerabilidade social é a insuficiência de renda, uma vez que se correlaciona fortemente aos outros fatores indicadores de pobreza.

**A Vulnerabilidade Social** na Região Metropolitana de Curitiba foi investigada por Deschamps (2004), que classificou os grupos populacionais da RMC

para o ano 2000. Os elementos que nortearam a classificação foram indicadores socioeconômicos e demográficos, traduzidos como fatores de desvantagem social, uma vez que, combinados, “determinam a fragilidade desses grupos mediante a ocorrência de algum evento (...) que lhes causasse dano, ou seja, fatores que denotam a incapacidade de determinados grupos sociais de responderem positivamente, quando lesionados”.

Na composição do índice de Vulnerabilidade Social, Deschamps (2004, p. 146) utiliza como Indicadores Demográficos, critérios referentes à: composição e estrutura familiar; adolescentes com experiência reprodutiva; parturição; composição etária; imigração; e dependência infantil. Com Indicadores Socioeconômicos, critérios de pobreza e trabalho; educação e escolaridade; frequência à escola; e condição domiciliar. A Tabela 5.12 compara os quatro índices observados nos ambientes avaliados.

TABELA 5.12 – AU-RMC: condições e qualidade de vida segundo diversos indicadores

Setor	Local de Monitoramento / / nº Termo- Higrômetro	IDH-M	Taxa de Pobreza (%)	Adequação das Habitações (%)	Vulnerabilidade Social	
			1. < 6,5 2. 6,5 - 13,1 3. 13,1- 20 4. > 20	a. > 71,1 b. 54,5 - 71,1 c. 30 - 54,5 d. < 30	1. Altíssima 2. Alta 3. Média p/ alta 4. Média p/ baixa 5. Baixa 6. Baixíssima	
1	Curitiba- Centro Histórico	nº 4	0,856	1	a	6
	Curitiba- Batel	nº 11	0,856			6
2	Curitiba- Ahu	nº 13	0,856	1	a	6
3	Curitiba- Santa Felicidade	nº 10	0,856	1	a	5
4	Curitiba- Novo Mundo	nº 12	0,856	2	a	5
5	Curitiba- Xaxim	nº 6	0,856	2	a	5
	Araucária	nº 7	0,801			4
6	Curitiba- Campo Comprido	nº 16	0,856	2	a	5
13	Colombo	nº 8	0,764	3	b	3
15	São José dos Pinhais	nº 5	0,796	3	c	3
21	Fazenda Rio Grande	nº 1	0,763	4	c	2
	Fazenda Rio Grande	nº 2	0,763			2
	Fazenda Rio Grande	nº 3	0,763			2
	Curitiba- Cajuru	nº 9	0,856			1
23	Almirante Tamandaré	nº 14	0,728	4	d	2
	Almirante Tamandaré	nº 15	0,728			2

Obs. Em negrito: índices desfavoráveis

Fontes: IPARDES, 2003; IPARDES, 2005; Deschamps, 2004

A Tabela 5.12 apresenta, de forma clara, as diferenciações entre os ambientes conforme os critérios utilizados. O bairro do Cajuru, novamente, se individualiza: por se encontrar em Curitiba, é incluído no mais alto IDH-M, embora se saiba que é uma das áreas mais críticas do município. O mesmo local é considerado como o de maior Vulnerabilidade Social (altíssima). Desta forma, o IDH-M se mostra demasiadamente generalizador.

De outro lado, excetuando-se o bairro do Cajuru e o município de São José dos Pinhais, o qual apresenta uma inversão de classificação (simultaneamente um IDH-M superior e uma Taxa de Adequação Geral das Habitações inferior) em relação ao município de Colombo, há coincidência entre os índices avaliados.

Desta forma, conclui-se que quanto às condições e qualidade de vida, os ambientes avaliados em Almirante Tamandaré são os que apresentam as condições e qualidade de vida menos favoráveis, bem como o Cajuru, por seu alto Índice de Vulnerabilidade Social. Seguem-se os ambientes em Fazenda Rio Grande, e, considerando-se que a Adequação Geral das Habitações é relevante na obtenção do conforto térmico, São José dos Pinhais; Colombo, que apresenta uma condição intermediária.

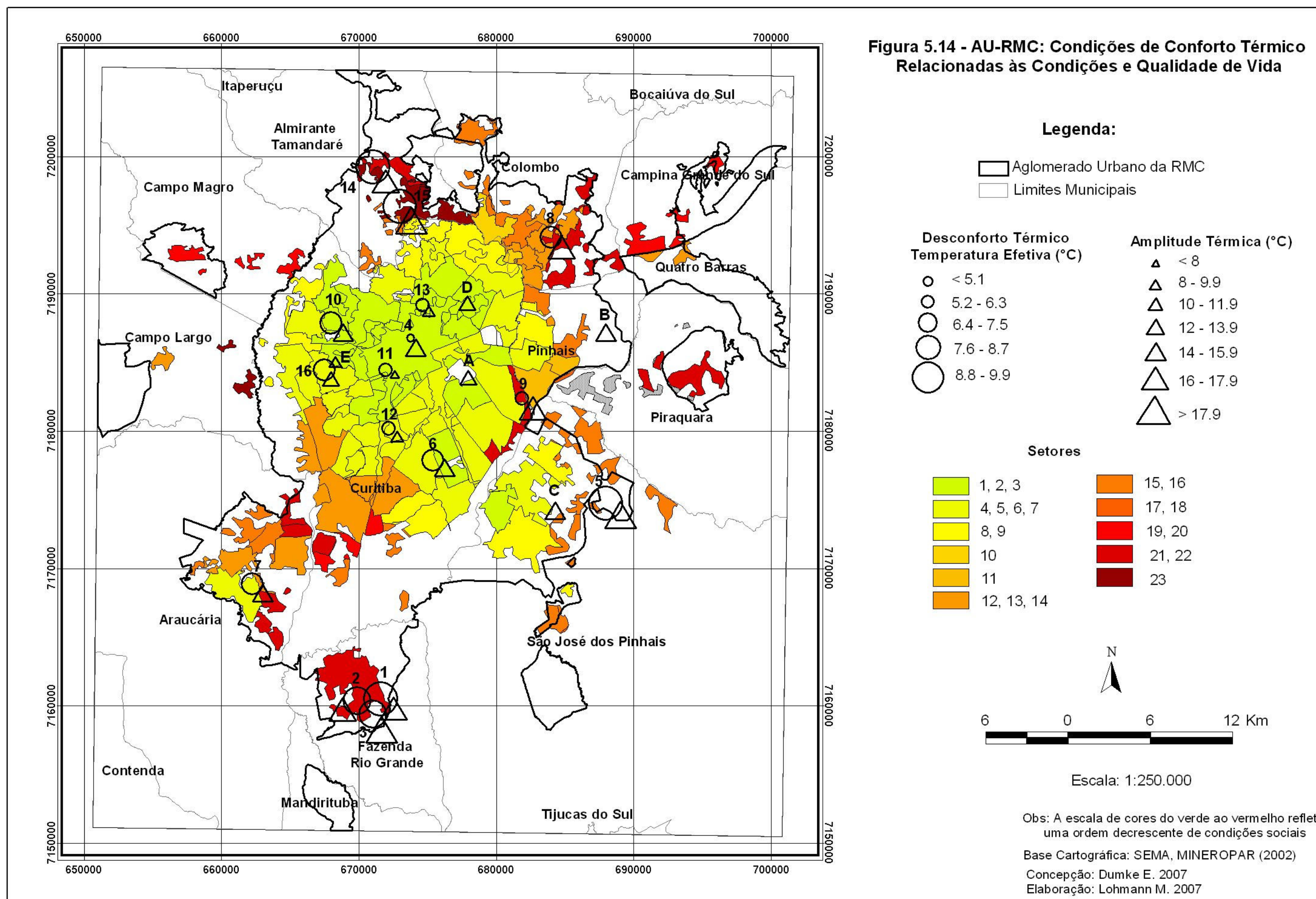
Como esperado, todos os outros ambientes em Curitiba e o ambiente monitorado em Araucária, apresentam boas ou ótimas condições e qualidade de vida.

A comparação entre os índices corrobora a carta de Setorização elaborada na Análise Espacial (Fig. 3.9, Capítulo 3), a partir das características sociais e urbanas, ou seja, do Fato Urbano do AU-RMC.

Desta forma, sobrepondo os graus de (des)conforto térmico obtidos para o horário que apresentou as temperaturas mais baixas monitoradas em campo em agosto de 2006 (às 6 horas da manhã do dia 21) e as amplitudes térmicas deste mesmo dia, à carta de Setorização, pode-se comparar as condições de conforto térmico às condições e qualidade de vida no AU-RMC (Fig. 5.14).

**Na Carta de Condições de Conforto Térmico relacionadas às Condições e Qualidade de Vida do AU-RMC** (Fig. 5.14), são sobrepostos à carta de Setorização, os graus de desconforto térmico por frio (determinados mediante os limites de conforto de Sorre, 1984 e pela Temperatura Efetiva – TE) e os graus de desconforto térmico por elevada amplitude térmica diária (calculada a partir da temperatura de bulbo seco – Tbs). Estes valores se encontram na Tabela 5.5 e são os mesmos considerados na carta de Condições de Conforto Térmico relacionadas ao Uso do Solo do AU-RMC (Fig. 5.10), já comentada em relação aos fatores formadores das condições climáticas intra-urbanas, de forma que as duas cartas (Fig. 5.10 e 5.14) se complementam.





Verifica-se nitidamente na presente carta (Fig. 5.14), a tendência de coincidirem nos mesmos locais as mais graves condições de desconforto segundo os dois parâmetros avaliados: o frio e as amplitudes térmicas elevadas. Como exceção, há uma situação contraditória, o Cajuru, que apresentou simultaneamente os menores graus de desconforto por frio e as maiores amplitudes térmicas.

Também se verifica com clareza que:

- Três dos quatro ambientes localizados nas áreas de mais favoráveis condições e qualidade de vida apresentaram as melhores condições de conforto térmico (menores graus de desconforto por frio e menores amplitudes térmicas diárias) – no Ahu, no Centro Histórico e no Batel; o quarto ambiente, em Santa Felicidade, apresentou condições de conforto térmico intermediárias;
- Três dos quatro ambientes situados nas áreas de boas condições e qualidade de vida apresentaram condições intermediárias de conforto térmico segundo os dois parâmetros avaliados – no Campo Comprido, no Xaxim e no município de Araucária; o quarto ambiente, no Novo Mundo, apresentou as melhores condições de conforto térmico;
- Dos dois ambientes considerados de condições sociais entre intermediárias e baixas, Colombo apresentou condições de conforto térmico também intermediárias e São José dos Pinhais apresentou condições desfavoráveis de conforto térmico;
- Cinco entre seis ambientes localizados em áreas de condições e qualidade de vida mais desfavoráveis, apresentaram também as mais desfavoráveis condições de conforto térmico – os dois situados em Almirante Tamandaré e os três situados em Fazenda Rio Grande; o sexto ambiente, o Cajuru, apresentou baixo grau de desconforto por frio, porém elevado desconforto por amplitude térmica.
- Note-se entre os todos os dezesseis ambientes avaliados, aqueles situados no município de Almirante Tamandaré apresentaram as condições mais desfavoráveis tanto em relação aos parâmetros de conforto térmico (Tab. 5.6, 5.7 e 5.10 e Fig. 5.10, 5.12 e 5.13) quanto a todos os indicadores de condições e qualidade de vida investigados sintetizados na Tabela 12 e relacionados ao conforto térmico na Figura 5.14.

Considerando-se os dois parâmetros de conforto térmico avaliados, mas priorizando-se a temperatura em relação à amplitude térmica na definição do grau de conforto/desconforto, obteve-se a seguinte classificação, ordenada da mais favorável a menos favorável condição de conforto térmico no dia e horários avaliados (Tab. 5.13):

TABELA 5.13 – AU-RMC: classificação geral do conforto térmico nas paisagens intra-urbanas e sua relação com as condições e qualidade de vida

TE	$\Delta T$ (Tbs)	Ambientes avaliados	nº	Setor	Conforto térmico	Condições e qualidade de vida
4	11	Curitiba-Centro Histórico	4	1	Mais favoráveis	Mais favoráveis
12	12	Curitiba-Novos Mundo	12	4		
<b>9</b>	13	Curitiba-Ahu	13	2		
13	<b>16</b>	Curitiba-Batel	11	1		
11						
6	10	Curitiba-Xaxim	6	5	Intermediárias	Médias a altas
8		Colombo	8	13		Médias a baixas
7-16	<b>4-6-7</b>	Curitiba-Campo Comprido	16	6		Médias a altas
10		Araucária	7	5		Médias a altas
		Curitiba-Santa Felicidade	10	3		Mais favoráveis
		Curitiba-Cajuru	9	21	Polêmica	Menos favoráveis
2	2-8-14	Fazenda Rio Grande	2	21	Menos favoráveis	Menos favoráveis
3		Fazenda Rio Grande	3	21		
5	1-9	São José dos Pinhais	5	15		Médias a baixas
1-15	5-3	Fazenda Rio Grande	1	21		Menos favoráveis
		Almirante Tamandaré	14	23		
14	15	Almirante Tamandaré-Dorcas	15	23		

Obs. Em negrito, as defasagens entre os parâmetros de conforto térmico (Temperatura Efetiva e amplitude térmica). Neste caso, optou-se por priorizar na classificação dos ambientes quanto ao conforto, o critério de Temperatura Efetiva, com exceção do Cajuru, que apresentou extrema disparidade.

Assim, é inegável haver no Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba uma relação entre a estratificação socioespacial e as condições de conforto térmico dos habitantes, uma vez que em relação ao clima intra-urbano, as classes menos favorecidas habitam lugares de maior rigor climático.

Como agravante, também são estas pessoas que dispõem de menos recursos para se proteger do clima, pois têm menos acesso aos cuidados com a saúde, à alimentação adequada, à energia e a equipamentos condicionadores de água e ar, às vestimentas adequadas (segunda pele) e ao ambiente edificado (terceira pele), permanecendo “à mercê do tempo que faz” (SERRES, 1990; SANTOS, 1998, p. 83-84; MENDONÇA, 2004c, p. 140).

Desta forma, confirma-se a hipótese “O desenvolvimento da cidade de Curitiba gerou uma grande diferenciação urbana. No que diz respeito ao conforto térmico dos moradores, esta distribuição desigual induziu a uma intensificação da vulnerabilidade socioambiental da população em função das condições de vida”.

As condições climáticas se apresentaram diferenciadas nas diversas paisagens intra-urbanas analisadas, conforme as características do sítio e do fato urbano. Entre os elementos naturais constatou-se a maior influência da altitude, da exposição aos ventos e da orientação das vertentes. Alguns destes elementos se associaram à ocupação, pois a cidade se desenvolveu a partir dos locais mais planos, de menor altitude, junto aos rios. Os locais de maiores altitudes, de topografia mais variada e difícil ocupação se encontram na periferia, ao Norte e à Noroeste do AU-RMC. Os corredores de vento, devido à topografia, atingem as áreas periféricas ao Norte, ao Leste e ao Sul, favorecendo a queda das temperaturas nestes locais. O centro está mais protegido do frio tanto pelo relevo como pela configuração urbana.

Quanto às características urbanas, observou-se a influência da cobertura da superfície em função do uso do solo (mineralizada, vegetada, etc), a densidade, o número de pavimentos, a estrutura e funcionalidade. Os menores graus de desconforto térmico por frio ocorreram nas áreas mais centrais e mais densamente urbanizadas, destacando-se o Centro Histórico, onde a limitação da altura dos edifícios permite maior incidência da radiação solar, em oposição ao Batel, que se distingue pelos altos edifícios do setor estrutural. Devido às suas características, este local apresenta algum desconforto por frio mas também a menor amplitude térmica.

Confirmaram-se, de modo geral, os maiores graus de desconforto térmico por frio nas áreas periféricas e de maior vulnerabilidade socioambiental, onde as classes menos favorecidas se estabelecem devido à pressão imobiliária e o ambiente muitas vezes é mais degradado, esquecido pela administração municipal.

Salienta-se que a hipótese se confirma para o período de inverno e nas condições atuais de Curitiba quanto à ocupação e ao clima. Analisou-se o período de inverno, pois nesta cidade, morre-se de frio, não de calor. Poder-se-ia complementar a análise relacionando o conforto térmico e as condições/qualidade de vida no período de verão. Porém, em Curitiba, ao contrário do frio, o calor ocorre com menor intensidade e duração, como constatado na caracterização do clima local. A vulnerabilidade socioambiental em relação ao conforto térmico, no AU-RMC, se dá por frio e, portanto, os dados analisados confirmam a hipótese. Pode-se afirmar que o desconforto térmico por frio deverá diminuir em Curitiba com a repercussão regional/local da provável intensificação do aquecimento global. Mas, a elevação da temperatura poderá trazer à periferia outros tipos de desconforto, como o avanço da incidência de certas doenças, segundo as já citadas pesquisas sobre o clima local.

## CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES GERAIS

A perspectiva de um planeta urbano no século XXI se confirma cada vez mais. Aglomerações urbanas gigantescas, interconectadas, cobrem a superfície da Terra, multiplicando os efeitos das interações entre a sociedade e a natureza. Repleta de desigualdades, tensões e contradições, a metrópole é cada vez mais o *habitat* do homem contemporâneo. Contudo o mundo atual pode ser qualificado como “urbano” não apenas pelo número de habitantes das cidades, mas sobretudo pelo seu modo de vida (WIRTH, 1967).

A urbanização é um processo social de forte componente ideológico, embora modificado conforme a conjuntura histórica. O desenvolvimento do capitalismo monopolista fortalece as desigualdades e amplia a tensão entre o local e global; a exclusão efetuada pelos circuitos tecnoeconômicos dominantes ocorre desde a escala continental até a intrametropolitana, onde a exclusão social se manifesta de forma mais profunda (CASTELLS, 1983).

Atendendo aos interesses hegemônicos, os espaços requalificados formam novas desigualdades geográficas, sociais e produtivas, provocando empobrecimento material, cultural e moral, no processo de “urbanização corporativa” (SANTOS, 1994). Esta é mais intensa onde a industrialização é recente – nos “países em estágio de desenvolvimento complexo” (MENDONÇA, 1993) – fortemente marcados pelos avanços do capitalismo e que se destacam pela intensidade da concentração urbana e da deterioração das suas cidades. As grandes aglomerações acarretam enorme carga aos recursos naturais, degradação do meio, depauperamento da população e superpovoamento.

Entre os mais evidentes e graves impactos socioambientais produzidos pela urbanização devido à sua intensa transformação do meio natural, encontram-se a contaminação e a formação de um clima urbano específico e, como consequência, a perda da qualidade de vida dos habitantes da cidade. O clima da cidade se modifica devido à intensificação do uso e ocupação do solo. As diferenças topo e microclimáticas resultantes da compartimentação urbana provocam distintas condições de conforto térmico no interior das áreas urbanizadas.

O conceito de *qualidade de vida* requer uma visão interdisciplinar e integradora dos elementos subjetivos e objetivos e se reflete na capacidade de os

indivíduos se adaptarem às condições climáticas locais. Desta forma, o conforto térmico se apresenta como um importante elemento formador da qualidade de vida. Evidencia-se uma forte relação entre as *condições de vida* e a *qualidade de vida* e, ainda, à *vulnerabilidade social*. Assim, nas grandes cidades, devido à estratificação socioespacial, coexistem “sem articular-se e às vezes sem se ver” os dois extremos: “os grupos sociais produtores de informação e detentores de riqueza em contraste com os grupos sociais excluídos” (BORJA e CASTELLS, 1997, p. 59), ou seja, aqueles que controlam o tempo e os que vivem à mercê do mesmo (SERRES, 1990).

Nesta pesquisa, o AU-RMC se confirmou como um exemplo representativo das relações socioespaciais urbanas contemporâneas e de suas contradições, devido à estrutura, às formas de ocupação e de uso do solo, à dualidade crescente entre os níveis sociais e pelo “significativo paradoxo existente entre a imagem veiculada nacional e internacionalmente e às reais condições socioambientais [...], sobretudo [...] ante a realidade da urbanização brasileira” (MENDONÇA, 2004a, p. 8).

Curitiba se encontra na região climática mais fria do país e se distingue pelo desconforto por frio. Agravando as condições de conforto térmico, as técnicas construtivas utilizadas nas habitações da cidade, de modo geral, também não são adequadas para o clima local (DUMKE, 2002).

O AU-RMC se formou devido ao crescimento acelerado de Curitiba, sobretudo nas duas últimas décadas, que resultou no seu adensamento e verticalização, e também no espraiamento e extravasamento para além dos limites do município e na conurbação com as cidades vizinhas, atingindo cerca de 1.051,31 km<sup>2</sup> e de 2.300.000 habitantes (COMEC, 2006). Os efeitos de uma transformação desta magnitude se manifestaram tanto na maior complexidade da organização social do espaço urbano, como na intensidade das alterações sociambientais.

O clima urbano é alterado pela interação das situações sinóticas com as características físicas do sítio e do construto urbano, a vegetação e o calor antropogênico. Desta forma, interagindo com a dinâmica atmosférica, a urbanização produziu condições climáticas intra-urbanas diferenciadas, que resultaram em determinadas situações de conforto térmico, possivelmente afetando os moradores de forma desigual, inquietação que motivou o desenvolvimento desta tese.

Para relacionar o estudo do clima intra-urbano e do conforto térmico às condições e qualidade de vida dos habitantes, foi necessária a adaptação dos métodos utilizados em climatologia urbana. Encontrou-se na proposta do SAU – Sistema Ambiental Urbano (MENDONÇA 2004b, p. 185-207) o fundamento teórico-metodológico adequado a tais adaptações. Ao tomar a cidade como um todo sistêmico, composto de três subsistemas que interagem entre si: o Natural, o Construído e o Social, os problemas socioambientais urbanos são evidenciados e orientados para a busca de soluções no nível do planejamento e da gestão urbana.

Buscou-se compreender o processo de formação do clima urbano e as formas de adequação da cidade ao clima local visando à melhor qualidade de vida dos habitantes. Com base em estudos realizados no Brasil, adotou-se a abordagem integradora, tanto em relação aos diversos elementos formadores do clima, quanto aos diferentes níveis de sua organização escalar e sob os seus aspectos dinâmicos.

A Análise Espacial e Temporal do AU-RMC foi elaborada a partir da cartografia básica dos elementos naturais e construídos que formam o clima, das condições e da qualidade de vida dos moradores (distribuição socioespacial das habitações). A compatibilização das informações obtidas pelas cartas da análise resultou na setorização geral do ambiente urbano em áreas de características relativamente homogêneas, conduzindo à definição dos pontos de monitoramento.

A Análise Temporal, mediante a caracterização das condições atmosféricas do âmbito regional ao topoclima, considerou a interrelação entre as escalas e a utilização de diversas técnicas. A sistematização e a análise dos dados obtidos por meio do levantamento de campo e dos dados das estações meteorológicas, bem como da termografia infravermelha de superfície, resultou na caracterização das condições climáticas intra-urbanas no AU-RMC e sua variação temporal, representadas pela Análise Rítmica, por meio de cartas de isolinhas.

Foi possível, então, avaliar a diferenciação espaço-temporal das condições climáticas de Curitiba/AU-RMC, e verificar como a distribuição espacial das habitações, associada à desigualdade social, se relaciona com as variações das condições climáticas na cidade – um dos objetivos da pesquisa.

Uma averiguação prévia dos efeitos do AU-RMC no clima local foi realizada mediante a verificação das generalizações apresentadas por Arnfield (2003), quanto à intensidade da ilha de calor (IC) em áreas urbanas. Considerando-se as diversas variáveis climáticas medidas no decorrer de 2004 por duas estações meteorológicas



do SIMEPAR, uma dentro de Curitiba e outra em área perirural, em Pinhais, os resultados apontaram para a existência de uma ilha de calor na região central da cidade com 2 K de intensidade, em relação às mínimas diárias. As tendências no comportamento das variáveis medidas em ambas as estações, se apresentaram adequadas às afirmativas de Arnfield. São elas: a intensidade da IC decresce com o aumento da velocidade de vento; decresce com o aumento da nebulosidade; a IC é mais intensa no período noturno; tende a aumentar com mais frequência no verão ou nos períodos mais quentes do ano; a IC pode desaparecer durante o dia ou a cidade pode ser mais fria que a área rural; taxas de aquecimento e resfriamento são maiores em áreas rurais que na cidade.

As análises do clima e do tempo do AU-RMC para o inverno de 2006 indicaram que em Curitiba, dadas as suas dimensões e a heterogeneidade das características naturais e construídas, não se configura *a priori* apenas uma ilha de calor, como a proposta por Oke (1978). Sua estrutura e forma urbanas diferem daquelas das cidades tradicionais, nas quais a área comercial e verticalizada (CBD) se localiza no centro, ao redor do qual a densidade urbana se reduz gradativamente.

O AU-RMC, ao contrário, se caracteriza por uma topografia edificada orientada por eixos estruturais verticalizados no município pólo e pela urbanização polinucleada como um todo, mesclando diferentes graus de densidade urbana entremeados de áreas verdes distribuídas de forma desigual. A significativa diversificação do sítio urbano do mesmo modo relevante na diferenciação do clima intra-urbano.

Os resultados da pesquisa, como um todo, corroboraram as afirmações de Mendonça e Dubreuil (2005) de que o clima do AU-RMC “forma arquipélagos de ilhas de calor e de ilhas de frescor, embora se destaque como uma mancha mais quente e homogênea do que a área rural circunvizinha”, ou ainda, as afirmações de Eliasson (2000), de que as cidades freqüentemente compreendem um mosaico de áreas com temperaturas mais elevadas e mais reduzidas conforme a variação do uso do solo, com as temperaturas na mancha urbana freqüentemente mais altas do que o entorno.

Esta dinâmica térmica se configurou no AU-RMC no período noturno, ou seja, às 6 e às 21 horas, nos quatro dias de monitoramento e sob as distintas condições sinóticas avaliadas: o domínio dos sistemas atmosféricos MTc, FPa e MPa. No entanto, no período diurno, às 9 e às 15 horas, nos dias 21 e 29 de agosto, sob o domínio da MPa, a cidade se configurou como ilha de frescor.

Em Curitiba, no dia 12 de agosto, sob o domínio da MTc, o tempo permaneceu estável, ensolarado, quente e seco. O predomínio de uma massa de ar quente sobre a região impediu a formação de nuvens de chuva e a penetração de frentes frias, reproduzindo as condições atmosféricas atípicas que já vinham ocorrendo naquele inverno. O SIMEPAR registrou a mínima diária de 13,4°C e a máxima de 29,1°C.

Às 9 horas ocorreu a ilha de calor de maior intensidade aferida nos dias de trabalho de campo, com 9,8K, com a temperatura mais elevada em área bastante adensada e inserida na malha urbana, mas não sombreada e, a partir desta, um forte gradiente com a redução das temperaturas em direção ao Sul, até Fazenda Rio Grande. Às 15 horas, a umidade relativa do ar atingiu seu índice mais baixo, 27% na estação meteorológica do Bacacheri.

Observou-se, no dia 12, que à noite e de madrugada, quando o sistema está se resfriando e os atributos urbanos são mais efetivos em retratar o fluxo de calor entre eles e o ar, a ilha de calor não foi em direção a Colombo, mas sim, a Pinhais e São José dos Pinhais, a Nordeste/Sudeste e a Campo Magro/Largo a Noroeste, justamente áreas de menor densidade e maior variação topográfica.

No dia 18 de agosto, sob o domínio da FPa, Curitiba apresentou o céu encoberto e ocorrência de chuvas. A alta nebulosidade favoreceu a baixa amplitude térmica: 2,4 K, em torno dos 14,7°C (SIMEPAR). Nos dois primeiros horários de medição, configuraram-se diversas ilhas de calor e as temperaturas mais baixas se concentram ao Sul do AU-RMC; às 15 horas, ao Sul e à Oeste. À noite, ao contrário, foram as temperaturas mais elevadas que se concentraram ao Sul, em Fazenda Rio Grande e as mais frias ao Norte, principalmente em Colombo. É possível que os ventos vespertinos vindos do quadrante Noroeste tenham favorecido esta configuração. O Batel, único local monitorado entre edifícios altos, reproduziu neste horário a IF que havia às 6 horas, pois mesmo em dia encoberto, as temperaturas se mantiveram baixas neste local, devido ao efeito da altitude associado à canalização dos ventos.

No dia 21 de agosto, sob o domínio MPa, o SIMEPAR registrou a mínima de 4,6°C às 7 horas. A radiação solar disponibilizada pelo céu claro elevou as temperaturas durante o dia, que atingiram a máxima de 15,8°C às 16 horas. O índice de umidade relativa do ar foi de 26,8% às 17 horas.

Neste dia foi registrada a menor temperatura de todo o trabalho de campo, na periferia Norte, em Almirante Tamandaré (nº 14), com -0,3°C. No mesmo município, em Almirante Tamandaré-Dorcas (nº 15), ocorreu a maior amplitude térmica diária entre os

locais monitorados no dia 21: 18,5K, em contraposição às temperaturas mais elevadas no Centro Histórico e a menor amplitude térmica diária, no Batel, com 7,2K, duas áreas centrais.

Às 6 horas destacou-se uma IC com 7K de intensidade, sobre grande parte de Curitiba, extravasando para o Leste e abrangendo a mancha urbana dos municípios de Pinhais, Piraquara e São José dos Pinhais. As temperaturas apresentaram-se expressivamente mais baixas mais à Leste (periferia de São José dos Pinhais), Norte (Almirante Tamandaré) e Sul (Fazenda Rio Grande).

Às 9 horas, Colombo e Araucária, municípios de intensa atividade industrial, revelaram um aquecimento mais rápido, em oposição à menor temperatura no Batel, que se apresentou como ilha de frescor, com 7K de intensidade.

Às 15 horas, o Centro Histórico e o Cajuru aparecem como locais mais aquecidos, seguidos pelas periferias Norte e Sul, novamente configurando-se uma IF no Batel com 8K de intensidade, devido ao sombreamento e aos ventos provenientes do Norte, favorecidos pela topografia natural e edificada. À noite, as condições climáticas se inverteram e a cidade voltou a configurar uma IC.

Assim, em 21 de agosto, sob o domínio de forte MPa e, portanto, de grande amplitude térmica e baixa umidade do ar, a tendência da cidade foi de configurar ilhas de calor à noite e ilhas de frescor durante o dia. As IC noturnas, às 6 e às 21 horas (com 7 e 4,1K) foram menos intensas do que as IF diurnas, às 9 e às 15 horas (com 7,1 e 8,7K, respectivamente).

No dia 29 de agosto, o AU-RMC esteve sob o domínio da MPa, porém com um embate a MPa e a MTa no final do dia. O padrão de distribuição espacial das temperaturas foi semelhante ao do dia 21, sob condições de tempo também semelhantes. Novamente, ocorreram ilhas de calor noturnas, de menor intensidade, e ilhas de frescor diurnas.

De modo geral, observou-se nos dias monitorados que as temperaturas mais altas e as menores amplitudes ocorrem nas áreas urbanas mais adensadas, porém, não verticalizadas. O Batel, área mais verticalizada, se configura como IF, mas apresenta pequena amplitude térmica. No AU-RMC, as temperaturas tendem a diminuir do centro ao Sul e menos expressivamente do Leste ao Oeste na mancha urbana. As temperaturas mais baixas e maiores amplitudes ocorrem na periferia Norte, Sul e Leste. Evidenciam-se, nesta distribuição geral das condições termo-higrométricas, os efeitos

da geometria e da densidade urbana (também relacionada ao calor antropogênico), bem como da distribuição das áreas vegetadas, da altitude e da variação topográfica.

A Termografia de Infravermelha de Superfície (TIS) proporcionou um maior grau de detalhamento e uma visão mais completa da variação espacial das temperaturas em uma grande área que abrange o AU-RMC e seu entorno, constituindo um importante subsídio para a avaliação das condições climáticas intra-urbanas e da influência dos diversos elementos na produção do clima urbano.

A TIS do AU-RMC para o dia 20 de agosto de 2006 evidenciou a mancha urbana, onde as superfícies são mais aquecidas devido aos solos mineralizados (de maior albedo), com temperaturas entre 16° e 20°C, constituindo uma IC de cerca de 7K de intensidade em relação ao seu entorno rural imediato. Porém, considerando-se toda a área do recorte espacial no momento do imageamento, às 10 horas, a IC foi de 11K de intensidade (com temperaturas entre os 10° e os 20°C). As temperaturas mais baixas ocorreram no Sudeste, ao Norte e a Noroeste, para além dos limites da mancha urbana, em locais de elevada altitude, topografia variada e vegetação densa.

Observou-se que não há coincidência entre a área urbana mais adensada e as de maior calor. Entretanto estas seguem, grosso modo, a mancha de conurbação. Não são as áreas mais verticalizadas do centro e dos setores estruturais, de modo geral, a apresentar as temperaturas mais elevadas, o que pode ser explicado pelo sombreamento dos edifícios que impedem as superfícies de serem atingidas pela radiação solar direta. Ainda assim, as temperaturas são bastante elevadas nestas áreas, devido à produção de calor antropogênico, à maior rugosidade e à massa térmica das edificações.

O vento era proveniente do SO no horário de imageamento. Apesar do domínio da MPa, observou-se um bolsão de ar quente com temperaturas entre 18° e 20°C, que se deslocava para Leste/Sudeste de Curitiba, se situando ao centro do AU e abrangendo os bairros do Cajuru, Rebouças, Boqueirão, Uberaba e o Xaxim. Após o efeito oásis ao longo do vale do Iguaçu, essas temperaturas ressurgiam em São José dos Pinhais.

A TIS possibilitou a identificação das ilhas de frescor sobre os parques urbanos, as áreas verdes e os fundos de vale. Os ambientes aquáticos, devido à sua inércia térmica e à evaporação, apresentaram-se menos aquecidos que as áreas urbanizadas e mais aquecidos do que as rurais, destacando-se pela temperatura homogênea. As temperaturas mais elevadas (19° e 20°C), ocorreram em algumas áreas de alto grau de urbanização, grandes áreas asfaltadas, como os aeroportos de

São José dos Pinhais e do Bacacheri e os setores industriais na CIC, em Araucária e em São José dos Pinhais. Destacaram-se ainda pelo calor gerado pela superfície asfaltada e pelo trânsito de veículos, os principais eixos de transporte.

Comparando-se os resultados da avaliação do clima no AU-RMC no dia 20 de agosto, obtidos mediante os dados coletados pelas estações meteorológicas e os obtidos pela imagem termal, constatou-se que as temperaturas de superfície apresentaram-se mais elevadas em 2,4 a 5,6K em relação às temperaturas do ar tomadas a 1,5 metro de altura pelas estações meteorológicas, dependendo do local. Verificou-se que as superfícies mineralizadas da área urbana se aqueceram mais rapidamente que o ar, numa situação típica de inverno, sob o domínio da MPa.

O aquecimento mais rápido das superfícies também foi responsável pela maior intensidade da IC no nível das superfícies (5K) em relação à IC da temperatura do ar a 1,5 m de altura (3,2K), em se comparando os mesmos pontos, ou seja, as estações meteorológicas de PUC-Fazenda Rio Grande e do Aeroporto do Bacacheri. A umidade relativa do ar foi mais baixa sobre a mancha urbana do que em seu entorno. Como se verificou, as condições climáticas se apresentaram diferenciadas nas diversas paisagens intra-urbanas analisadas, influenciadas pelas características do sítio e do fato urbano.

Entre os elementos naturais constatou-se a maior influência da altitude, da exposição aos ventos e da orientação de vertentes. Não foi possível identificar com precisão a influência da declividade, uma vez que a maior parte da cidade se situa em áreas de baixa declividade.

Quanto às características urbanas, observou-se a influência da cobertura da superfície em função do uso do solo (mineralizada, vegetada etc.), da geometria, da estrutura e da densidade urbana e, em alguns casos, do calor antropogênico.

Desta forma, buscou-se sintetizar as características do clima regional e urbano aferidas por meio da documentação bibliográfica, das cartas sinóticas, da análise rítmica, das cartas de isolinhas, dos perfis climáticos, da termografia infravermelha etc. e identificar os elementos formadores do clima intra-urbano, investigando-se as relações de causa e efeito entre os elementos e a relevância de cada um na construção das condições de conforto térmico.

A investigação a respeito das formas de avaliação do conforto térmico levou à seleção de três diferentes métodos, tendo-se optado pelo Diagrama Bioclimático de Givoni (1992), pelos limites de conforto de Sorre (1984) e pelo método Aroztegui

(1995) representando os parâmetros do Conforto Adaptativo (ACS). Porém, ainda que se apresente como uma opção vantajosa tanto do ponto de vista energético como de adaptação às variações do clima, a avaliação sob os critérios do ACS para ambientes externos é muito recente, demandando novas pesquisas para sua consolidação. Além disso, ainda é pouco divulgado e demanda o conhecimento de dados climáticos nem sempre disponíveis.

Ainda que o ACS avance em relação aos limites de conforto universais ao considerar as variações climáticas, baseia-se na variação das médias da temperatura. Um dos resultados encontrados na presente pesquisa diz respeito precisamente aos critérios de avaliação do conforto térmico. As paisagens intra-urbanas do AU-RMC apresentaram diferenciações relevantes quanto ao desconforto por frio e quanto às amplitudes térmicas, bem como à associação de ambos, conduzindo ao questionamento da necessidade se incluir a amplitude térmica como um dos critérios de avaliação de conforto térmico em climas subtropicais.

Ao comparar o conforto térmico ao uso do solo e às condições e qualidade de vida, observou-se clara relação entre eles. A correspondência entre o predomínio de tipos de uso do solo e alguns agrupamentos de ambientes de determinadas condições climáticas intra-urbanas se deve a uma conjugação de fatores formadores do clima relacionados aos tipos de uso do solo (como a estrutura e a configuração urbanas, o albedo e o calor antropogênico) e sua interação às características do sítio, que ao mesmo tempo condicionam parcialmente a ocupação do solo e as formas de urbanização e interferem na produção do clima. É provável que esta seja a razão da correspondência constatada nos locais entre as condições de desconforto segundo os dois parâmetros avaliados: o frio e as amplitudes térmicas elevadas.

Quanto ao uso do solo, três conjuntos de ambientes se distinguem na mancha urbana por suas condições semelhantes de conforto térmico: os na área urbana mais adensada; nas áreas urbanas não adensadas; e nas áreas periféricas.

**Na porção central do AU-RMC**, área mais adensada, evidencia-se um conjunto de ambientes de menor grau de desconforto térmico por frio e de menores amplitudes térmicas diárias: Centro Histórico, Batel, Ahu e Novo Mundo. O Ahu e o Novo Mundo, situados nos limites da mancha urbana ao Norte e ao Sul, possuem condições de conforto muito semelhantes, características naturais diferenciadas pela declividade e orientação de vertentes e pela tipologia das habitações, embora com predomínio de residências de um ou dois pavimentos.

Outros dois ambientes se encontram completamente inseridos na área mais adensada da cidade, porém apresentam tipologias bem distintas. No Centro Histórico, a limitação da altura das edificações permite a melhor insolação das superfícies do solo e das edificações embora a alta densidade urbana se constitua como armazenadora de calor e a rugosidade reduza a ventilação na *canopy layer*. Tais características justificam as condições de menor desconforto térmico por frio, entre todos os ambientes monitorados, e uma amplitude térmica maior que a dos outros ambientes da mancha urbana mais adensada.

Em oposição, no Batel, área de edifícios altos que compõe o Eixo Estrutural, a insolação dos pavimentos inferiores e da superfície do solo é prejudicada notadamente no inverno, devido ao ângulo da altura do Sol, não se aquecendo rapidamente no período diurno. Porém, devido à inércia térmica dos materiais e à troca térmica entre os edifícios, que dificultam a perda de calor para a atmosfera à noite, este local apresenta a menor amplitude térmica entre os ambientes avaliados.

Os quatro ambientes localizados na área de urbanização mais adensada apresentam também as melhores condições de conforto térmico. O Ahu, o Centro Histórico e o Batel se situam nas áreas de mais favoráveis condições e qualidade de vida; o Novo Mundo se situa em área de boas condições e qualidade de vida.

**Os ambientes inseridos nas áreas urbanas não adensadas** apresentam condições de conforto intermediárias e se situam em bairros curitibanos: Xaxim, Santa Felicidade e Campo Comprido; e em dois municípios bastante urbanizados e industrializados do AU-RMC: Araucária e Colombo ao Sul e ao Norte da mancha urbana, e pouco diferem quanto às características do sítio.

O Xaxim se distingue por sua maior altitude e por se situar em um topo, onde a ventilação é ampla e livre, fator compensado em relação às condições climáticas intra-urbanas por sua localização mais centralizada no AU-RMC em relação a Araucária e Colombo. Santa Felicidade e Campo Comprido situam-se a Oeste da cidade e, embora totalmente nela inseridos, contam com uma significativa área verde que rasga a área urbana não adensada. Os dois ambientes se situam em locais de significativa declividade e altitude, comparáveis às encontradas no extremo Norte do AU-RMC. O ambiente em Santa Felicidade se situa em vertente Sul e conta com ventilação superficial de média velocidade, enquanto o Campo Comprido se situa em vertente Oeste e conta com alta velocidade dos ventos.



Os cinco ambientes localizados nas áreas de urbanização não adensadas apresentam as condições de conforto térmico intermediárias: Santa Felicidade, condições e qualidade de vida mais favoráveis; Xaxim, Campo Comprido e Araucária, boas condições e qualidade de vida; e Colombo, médias a baixas.

Dos dois ambientes considerados de condições sociais entre intermediárias e baixas, Colombo apresentou condições de conforto térmico também intermediárias e São José dos Pinhais apresentou condições desfavoráveis de conforto térmico.

**O terceiro conjunto, localizado nos limites a Sul, Leste e Norte do AU-RMC**, apresenta as condições mais desfavoráveis quanto ao desconforto por frio e às amplitudes térmicas: Fazenda Rio Grande (nº 1, 2 e 3); São José dos Pinhais (nº 5); Almirante Tamandaré (nº 14); e Almirante Tamandaré-Dorcas (nº 15).

Nestes ambientes, situados em áreas urbanas pouco adensadas e próximas às áreas rurais, com exceção da favela vizinha ao ambiente de Almirante Tamandaré-Dorcas, a tipologia das habitações é muito semelhante: são casas simples, pequenas e afastadas entre si. Observa-se que as condições de conforto térmico nestes locais são definidas principalmente pela baixa densidade, devido à localização periférica, associada às características do sítio. Tais características superam a influência da produção do calor antropogênico proveniente das atividades industriais e do intenso trânsito das rodovias próximas.

Porém, há um elemento natural que constitui um fator agravante na produção do maior desconforto por frio e por amplitude térmica nestes locais: a conformação do relevo em escala mais ampla forma um corredor de vento no sentido Nordeste-Sudoeste, favorecendo a entrada das frentes frias e massas de ar frio que muitas vezes entram na região provenientes desta orientação e deixando desprotegidas as áreas ao Sul e ao Norte do AU-RMC. O ambiente monitorado em São José dos Pinhais, situado em fundo de vale no sentido Leste-Oeste (sentido preferencial do vento), fica desprotegido do vento proveniente do Leste possibilitado pela falha existente neste trecho da Serra do Mar.

Os seis ambientes localizados nos limites do AU-RMC e próximos às áreas rurais apresentam as condições de conforto térmico menos favoráveis: os três situados em Fazenda Rio Grande, os dois em Almirante Tamandaré (de condições de vida menos favoráveis) e o em São José dos Pinhais (de condições e qualidade de vida médias a baixas). Entre os dezesseis ambientes avaliados, os de Almirante Tamandaré apresentaram as condições mais desfavoráveis tanto em relação aos

parâmetros de conforto térmico quanto a todos os indicadores de condições e qualidade de vida investigados.

**Como exceção**, o Cajuru (nº 9) não pode ser enquadrado em nenhum dos grupos estabelecidos: é o único que apresentou condições contraditórias ao se caracterizar, simultaneamente, por baixo desconforto por frio e alto desconforto pela elevada amplitude térmica diária. Embora inserido na mancha urbana, situa-se em ocupação irregular, em área de preservação ambiental, no fundo de vale do Rio Iguaçu, local de baixa altitude e alta vulnerabilidade socioambiental (sujeito a enchentes). Situa-se na área urbana menos adensada, de condições e qualidade de vida mais desfavoráveis e de condições de conforto térmico contraditórias.

Ao abordar, nesta pesquisa, o clima urbano e intra-urbano e as condições de conforto térmico verificadas em diferentes localidades do AU-RMC no período de inverno, relacionados às diversas classes sociais, a compreensão da distribuição socioespacial das habitações na cidade e o questionamento do modelo de planejamento urbano tido como exemplar tornaram-se imprescindíveis.

Verificou-se que a estratificação social urbana conduziu a uma ampliação da vulnerabilidade da parcela economicamente menos favorecida da população em relação ao desconforto térmico no período de inverno em Curitiba, uma vez que esta parcela da sociedade geralmente é induzida a se estabelecer nos espaços da cidade mais desprotegidos do clima, agravando os seus baixos índices de qualidade de vida.

Há, portanto, uma relação entre a estratificação social do espaço urbano e as condições de conforto térmico dos moradores do AU-RMC nas condições de inverno, período que se mostrou o mais crítico considerando-se o clima local. Assim, quanto ao clima intra-urbano, de modo geral, as classes menos favorecidas efetivamente habitam em lugares de maior rigor climático, sendo que estas mesmas pessoas dispõem de menos recursos de se proteger do clima.

Além disso, conforme se verificou *in situ*, esta diferenciação se intensifica pela tipologia das habitações encontradas nos diferentes setores urbanos do AU-RMC. As classes de menor renda contam, em geral, com moradias menos adequadas, construídas com materiais de pouca massa térmica para aquecimento solar e, muitas vezes, sem o necessário afastamento para a insolação e a ventilação. Nos casos mais graves, as habitações têm vedações ineficientes, que permitem a infiltração do ar frio no inverno e da umidade, problemas que se acentuam quando situadas em locais altos e sujeitos a ventos velozes, em vertente Sul, ou ainda quando em fundos

de vale, condições freqüentemente encontradas nas áreas mais pobres. A associação entre os elementos naturais, construídos e sociais se mostrou particularmente crítica onde a topografia forma corredores naturais de vento e nas proximidades dos limites da macha urbana: ao Norte do AU-RMC, em Almirante Tamandaré; ao Sul, em Fazenda Rio Grande; e ao Leste, junto ao rio, em São José dos Pinhais.

Confirma-se, assim, a hipótese estabelecida no início desta tese: “O desenvolvimento da cidade de Curitiba gerou uma grande diferenciação urbana. No que diz respeito ao conforto térmico dos moradores, esta distribuição desigual induziu a uma intensificação da vulnerabilidade socioambiental da população em função das condições de vida”.

Evidenciou-se que, a despeito da imagem de cidade ideal criada para Curitiba, o conforto térmico não é garantido de igual forma para todos os moradores e que o desenvolvimento urbano em Curitiba conduziu sim, de modo geral, à intensificação da vulnerabilidade da população em relação ao conforto térmico, pois

- as restrições dos planos urbanísticos de Curitiba, cidade pólo do AU-RMC, somadas à especulação imobiliária, levaram à intensificação do processo de periferização de Curitiba;
- a formação do clima urbano, segundo a literatura, inclui o processo de formação da ilha de calor urbana sendo, assim, esperado que as temperaturas sejam mais baixas na periferia;
- a especificidade do clima local é de maior desconforto por frio e é nesta situação que a vulnerabilidade socioambiental em relação ao conforto térmico, no AU-RMC, deve ser avaliada;
- a população economicamente menos favorecida, induzida a ocupar a periferia, dispõe de menos recursos para se proteger do clima;
- nos casos de auto-segregação, em que uma parcela da população mais abastada migra para a periferia em condomínios fechados de alto padrão, por possuir recursos, tem boa condição/qualidade de vida e obtém conforto térmico (dispõe de infra-estrutura, energia, alimentação e cuidados de saúde adequados, e vestimenta e abrigo apropriados).

Observe-se, porém, que no AU-RMC, o processo de estratificação social se dá por meio da progressiva periferização, conforme Ultramari e Moura (1994), IPARDES (2000a, 2000b, 2003 e 2005) e Deschamps (2004), entre outros,

corroborados por esta tese. Assim, de modo geral, em algumas das áreas da periferia urbana, os municípios de Almirante Tamandaré, Fazenda Rio Grande e São José dos Pinhais são justamente locais menos favoráveis em relação às condições e qualidade de vida na mancha urbana. Isto significa, que no caso do AU-RMC, há uma forte relação entre periferia geográfica e periferia social.

Como esperado, as temperaturas tendem a se elevar no centro urbano em relação à periferia, devido ao efeito de IC. Observa-se que esta se desenvolve na presença de sistemas estáveis (quentes ou frios) e normalmente é mais intensa entre duas e três horas após o pôr do Sol, devido ao armazenamento de calor dos materiais construtivos durante o dia e sua liberação para a atmosfera à noite. Assim, a expressiva urbanização da superfície do planeta e o conseqüente aumento da temperatura noturna é uma das causas mais prováveis da intensificação do aquecimento global.

Frente às tendências do clima, é possível que o aquecimento global e sua repercussão regional diminuam o desconforto por frio em Curitiba/AU-RMC; mas há pesquisas que contradizem esta teoria, defendendo que a partir da década de 1990, o mundo se encontra em processo de resfriamento, o que ampliaria o desconforto local.

Porém, no caso de se confirmar o aquecimento, embora o desconforto por frio deva diminuir no AU-RMC, segundo os estudos realizados em Curitiba e no Paraná, anteriormente citados, outros problemas atingirão as parcelas menos favorecidas da população, novamente reforçando o círculo vicioso da vulnerabilidade socioambiental.

Embora não tenha sido possível, por limitações de tempo e de extensão do trabalho, apontar recomendações para o planejamento urbano de forma detalhada e localizada, os resultados encontrados nesta tese constituem importante subsídio para o planejamento da cidade, pois foram definidas as áreas de maior prioridade de intervenção, visando à melhoria do conforto térmico de forma igualitária.

Mas foram identificadas as estratégias gerais de condicionamento passivo mediante a aplicação da metodologia de Givoni (1992) aos resultados encontrados para o AU-RMC nos locais monitorados em 21 de agosto de 2006, quando ocorria um episódio de frio intenso, fenômeno que se repete freqüentemente nesta cidade:

- a estratégia de *aquecimento artificial* foi requerida em 72% das medições realizadas neste dia. Demandando equipamento, infra-estrutura e energia para sua utilização e restrita a ambientes internos, esta estratégia é disponível apenas para parte da população do AU-RMC;

- as estratégias de *aquecimento solar passivo* e *massa térmica para aquecimento* e *aquecimento solar* foram contempladas por 8 e 14% das medições deste dia, respectivamente. Estas duas estratégias requerem um espaçamento adequado entre as construções, de forma a permitir o máximo de insolação no inverno, situação nem sempre encontrada *in situ*. O uso de materiais construtivos de maior massa térmica nas edificações e na pavimentação do solo possibilita o armazenamento de calor solar pelos materiais, liberado ao ambiente em horários mais frios;
- apenas 6% das medições se encontraram na faixa de *conforto* segundo os parâmetros de Givoni, e ocorreram sobretudo às 15 horas e somente em alguns locais do AU-RMC neste dia.

Em agosto de 2006, vários dias apresentaram valores abaixo de 30% de umidade relativa do ar, limite considerado pela Organização Mundial de Saúde como crítico para a saúde humana e abaixo dos limites estabelecidos por Givoni. Neste caso o desconforto termo-higrométrico pode ser diminuído com o uso da umidificação no exterior das edificações, com a implantação de corpos aquáticos, cascatas, entre outros. Porém, esta estratégia não é recomendável para o AU-RMC, considerando-se que o ar seco é uma condição atípica no clima local, que se caracteriza pela elevada umidade do ar durante todo o ano.

Comparando-se estes resultados aos obtidos pelo Diagrama Bioclimático de Givoni para todas as horas do Ano Climático de Referência - *Test Reference Year* (TRY), observa-se que a única outra estratégia recomendada para Curitiba nos outros períodos do ano é a estratégia de ventilação natural, fato que mais uma vez evidencia que o maior problema de desconforto nesta cidade é realmente o por frio.

Corroborar-se, assim, a importância de se considerar as estratégias de *aquecimento solar passivo* e de *massa térmica para aquecimento* e *aquecimento solar* no desenvolvimento do planejamento urbano do AU-RMC, por meio de uma revisão aprofundada dos critérios que estabelecem os afastamentos entre as edificações, considerando-se sua relação com a altura das mesmas e a orientação do Sol, mas também do vento. É necessário também que estas estratégias sejam orientadas e viabilizadas para todas as parcelas da população, reduzindo o gasto energético em aquecimento artificial pelas classes mais abastadas e reduzindo o desconforto das parcelas mais desfavorecidas da população.

Há necessidade de uma maior conscientização da população, dos órgãos públicos e dos próprios arquitetos, que muitas vezes negligenciam os aspectos relacionados ao conforto ambiental, à arquitetura e o planejamento urbano nos princípios bioclimáticos, priorizando outros critérios, em detrimento do bem estar e da saúde da população (qualidade de vida), além da economia energética (meio ambiente).

Além da imprescindível melhoria das condições de vida das parcelas menos favorecidas, é necessário o provimento de energia nas áreas do AU-RMC que atualmente estejam desprovidas, de forma a viabilizar o aquecimento artificial em casos de frio intenso, quando a utilização das outras estratégias é insuficiente para se obter conforto térmico.

Foram observadas algumas limitações no decorrer do estudo realizado:

- *o auxílio de pessoas leigas no assunto no monitoramento dos pontos.* Embora se tenha realizado um treinamento prévio da leitura dos termo-higrômetros e do registro dos dados em planilhas, é possível que a falta de familiaridade com a escala de temperatura tenha resultado em imprecisões de leitura;
- *certa falta de uniformidade quanto ao entorno e à base do tripé nos pontos monitorados, apesar de se ter adotado um abrigo meteorológico padronizado.* Mesmo se tendo buscado localizar os equipamentos sobre área gramada, bem ventilada e não sombreada, tais condições não foram encontradas em alguns dos locais monitorados; e
- *o nível de representatividade dos pontos.* Ainda que se tenha realizado um minucioso trabalho de sistematização das características naturais e construídas do AU-RMC e sua setorização em áreas relativamente homogêneas para a seleção dos pontos de monitoramento, a articulação das escalas apresenta dificuldades quanto ao seu nível de representatividade. Entre o grau de generalização da imagem de satélite e a microescala do monitoramento em campo, à medida que a escala se aproxima, amplia-se a complexidade do uso do solo devido aos processos inerentes à vida da cidade e há maior diversificação dos elementos do sítio. Apesar de todos os cuidados tomados, pequenos detalhes podem ter alterado a leitura das variáveis climáticas do ponto.

Observe-se, porém, que: ainda que o processo de seleção dos pontos seja sempre generalizante, seguiu-se a lógica da representatividade do clima local; e, apesar das limitações descritas, a análise dos dados coletados demonstrou certa coerência nos resultados.

Sugere-se para trabalhos futuros:

- o aprofundamento do conhecimento das condições climáticas/de conforto térmico do AU-RMC, mediante um maior número de pontos de monitoramento, analisando-se condições de inverno e verão e utilizando-se equipamentos do tipo *data loggers*;
- a elaboração da Carta de Insolação Direta, técnica de representação cartográfica proposta por Cunha (1988) e embasada em estudos russos (a exemplo da Carta de Direção e Velocidade dos Ventos de Superfície elaborada para o AU-RMC nesta tese). A Carta de Insolação Direta, de particular interesse na avaliação do microclima, apresenta as áreas ensolaradas em períodos e horários específicos. É possível representar as áreas que recebem Sol das 9 às 15 horas, ou de insolação às 9 horas (Leste) ou ainda, de insolação às 15 horas (Oeste). A carta é elaborada a partir da comparação de perfis clinográficos aos ângulos de altura e orientação do Sol, para horários determinados, relacionando a inclinação do terreno e a orientação solar da vertente;
- o aprofundamento da forma de avaliação nos princípios do Conforto Adaptativo (ACS) para ambientes externos, segundo Aroztegui (1999) e sua comparação aos valores para ambientes internos;
- a pesquisa qualitativa de sensação de conforto térmico mediante entrevistas com a população e sua comparação com o ponto de vista científico e estabelecimento ou correção dos índices de conforto térmico para Curitiba;
- a investigação da amplitude térmica como critério de avaliação de conforto térmico;
- o desenvolvimento do planejamento urbano do AU-RMC e de recomendações para a gestão urbana, a partir da verificação da hipótese como instrumento relevante para subsidiá-los;



- o maior detalhamento da carta “AU-RMC: condições de conforto térmico relacionadas às condições e qualidade de vida” e elaboração de carta complementar para o desconforto por calor, visando ao atendimento da saúde pública nos episódios de temperaturas extremas;
- considerando-se que em Curitiba, devido ao planejamento urbano, há uma expansão linear da área mais verticalizada na qual os edifícios com frequência atingem desde a sub-superfície (sub-solos) até bem mais de vinte pavimentos e há bairros onde predominam edificações de quatro ou dois pavimentos, ou térreas, uma pesquisa futura poderia abordar o gradiente vertical das condições de conforto térmico na perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. A cidade tem muitos *layers* ou extratos e cada um destes tem uma relação não só espacial, dos processos, mas, também, uma relação com a atmosfera. Em cada altitude há uma temperatura diferenciada, que interfere na captação de luz, na ventilação e até na quantidade de partículas em suspensão.

Se, de um lado, é inegável que, de modo geral, se vive melhor hoje do que em épocas passadas, devido aos avanços tecnológicos e científicos, da riqueza gerada, do acesso aos equipamentos urbanos, à educação, à saúde, aos remédios, etc., de outro, a crescente degradação da natureza, a deterioração urbana e a priorização dos valores econômicos sobre os sociais têm aumentado as incertezas sobre a continuidade desses avanços, sobretudo em relação à questão da melhoria da qualidade de vida com mais justiça social.

Ainda que o conforto térmico não esteja diretamente associado às condições sociais, as classes menos favorecidas têm menos meios de se proteger dos rigores do clima e, portanto, maior vulnerabilidade. Em Curitiba, esta questão se agrava ainda mais, pois o desconforto térmico ocorre por frio, sendo que, devido ao efeito de IC, este é mais intenso na periferia da cidade, ocupada pelas classes de menor renda, devido ao padrão de urbanização do AU-RMC que se caracteriza pela periferização. Ou seja, coincidem as periferias geográfica e social e as áreas urbanas de maior desconforto térmico. Como esperado, as temperaturas tendem a se elevar no centro urbano em relação à periferia, devido ao efeito de ilha de calor.

Entretanto, as relações entre as condições e qualidade de vida e as condições intra-urbanas de conforto térmico no AU-RMC ainda não tinham sido

comprovadas e quantificadas, pois a presente investigação é o primeiro trabalho de que se tem conhecimento, a buscar essa relação.

A verificação da hipótese resultou de uma pesquisa que teve como fio condutor a interdisciplinaridade e a perspectiva integradora, as quais distinguem as práticas do Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento da UFPR. O conhecimento do real se torna possível apenas por meio da busca da superação da visão fragmentada e disciplinar e da ousadia do olhar sob diversas perspectivas. Lembrando os escritos de Leff (1994; 2006), é preciso ir ainda além desta busca, porém ela é imprescindível para que se configurem novos caminhos que signifiquem avanços concretos na busca de uma harmonização entre o meio ambiente e o desenvolvimento com maior justiça social.

Neste sentido, como se configura no Sistema Ambiental Urbano - SAU, a identificação da intensificação da vulnerabilidade socioambiental em relação às Condições de (Des)Conforto Térmico deve subsidiar o Planejamento e Gestão Socioambiental Urbana.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. *Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 160p.
- ANDREOLI, Cleverson et al. A crise da água e os mananciais de abastecimento. In: ANDREOLI, C. V. (Ed.). *Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão / estudo de caso do altíssimo Iguaçu*. Curitiba: SANEPAR, 2003.
- ARAÚJO, Virgínia M. D. de. Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro (o caso de Natal/RN). Natal: EDUFN, 2001.
- ARNFIELD, A. John. Review: two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology*, n. 23, p. 1-26, 2003.
- AROTEGUI, José Miguel. Cuantificación Del impacto de las sombras de los edificios. In: ENCONTRO NACIONAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3. ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., 1995, Gramado. *Anais do...* Porto Alegre: ANTAC. p. 341-346.
- ASCHER, François. *Métapolis ou l'avenir des villes*. Paris: Odile Jacob, 1995. 346 p.
- ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta: ANSI/ASHRAE Standard, 1981.
- ASSIS, Eleonora Sad. *Impactos da forma urbana na mudança climática: Método para a previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano*. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- ASSIS, Eleonora Sad. Critérios de acessibilidade ao Sol e à luz natural para conservação de energia em escala urbana. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC, 4. 2002, Foz do Iguaçu. *Anais do...* Foz do Iguaçu: ANTAC, 2002.
- ASSIS, Eleonora Sad. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. In: ENCAC-ELACAC 2005 – ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5-7 out. 2004, Maceió. *Anais do...* Maceió: ENCAC-ELACAC, 2004
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Rio de Janeiro, 2005.
- AYOADE, J. O. *Introdução à climatologia para os trópicos*. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- AZEVEDO, Tarik R. O fluxo de calor gerado pelas atividades humanas no estudo climático da Região Metropolitana de São Paulo. In: TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. (Orgs.). *Os climas da cidade de São Paulo: teoria e prática*. São Paulo: Departamento de Geografia, FFLCH/USP.GEOUSP. Coleção Novos Caminhos, v. 4, p.70-93, 2001.
- BAKONYI, Sonia M.C.; DANNI-OLIVEIRA, Inês M.; BRAGA, Alfesio L. F. ; MARTINS, Lurdes C. Poluição do ar e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba/PR. *Revista de Saúde Pública / Journal of Public Health*, São Paulo, v. 38, n. 5, p. 695-700, 2004.

BECK, Ulrich. A reinvenção da política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva. In: BECK, U.; GIDDENS, A.; LASH, S. *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. São Paulo: Editora da UNESP, 1997. p. 11-71.

BERTALANFFY, Ludwig von. *Teoria Geral dos Sistemas*. Petrópolis: Vozes, 1973. 351p.

BIDR – BLAUSTEIN INSTITUTE FOR DESERT RESEARCH. *The “Neve-Zin” Desert Solar Neighborhood*. Disponível em: <<http://www.bgu.ac.il/CDAUP/>>. Acesso em 4 jul. 2005.

BLANCHET, Izabelle V. R. P. *Análise bioclimática dos parâmetros de conforto térmico humano e sua relação com os índices termo-higrométricos e a forma urbana do bairro do Bigorrião em Curitiba*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

BONGESTABS, Domingos. *Clima, conforto e arquitetura em Curitiba*. Departamento de Arquitetura, UFPR. Curitiba, 1983. (apostila)

BORJA, Jordi; CASTELLS, Manuel. *Global y local. La gestión de las ciudades en la era de la información*. Madrid: Taurus, 1997. p. 35-67.

BOROX, Soeli C. *Repercussões das condições climáticas de inverno na saúde humana – a problemática de doenças respiratórias na população infantil de Curitiba/PR (análise introdutória)*. Monografia (Especialização em Geografia e Análise Ambiental). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1998.

BRAGER, G. S.; De DEAR, R. J. *Climate, Comfort & Natural Ventilation: A new adaptive comfort standad for ASHRAE Standar 55. Proceedings, Moving Thermal Comfort Standards into the 21<sup>st</sup> Century*. Windsor, UK: 2002.

BRANDÃO, Ana Maria P. M. *O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro*. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996. 362f.

BRASIL. Lei nº 4771. *Código Florestal Brasileiro*. 1965.

BRASIL. Lei Federal 6766/79 (Lei Lehmann).

BRASIL, Constituição da República, Lei Federal nº. 10.257, de 10 de julho de 2001 – *Estatuto da Cidade* (Estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências). Brasília, Senado Federal, 2001.

BROWN, G. Z.; DEKAY, Mark. *Sol, vento & luz: estratégias para o projeto de arquitetura*. Porto Alegre: Bookman, 2004.

CAMOUS, Roger; WATSON, Donald. *El habitat bioclimático: de la concepción a la construcción*. Barcelona: Gustavo Gili, 1986.

CARLOS, Ana Fani A. Uma leitura sobre a cidade. *Cidades*, Presidente Prudente, Grupo de Estudos Urbanos, v. 1, n. 1, 2004, p. 11-30.

CARVALHO, Marília G. Tecnologia e Sociedade. In: BASTOS, João Augusto (Org.). *Tecnologia & Interação*. Curitiba: CEFET-PR, 1998, p. 89-102. (Coletânea “Educação & Tecnologia” CEFET-PR)

CASARLADE, Flávio de Lemos. Arquitetura e Ética. In: *AP Revista de Arquitetura*, Belo Horizonte, p. 45-49, 1997.

CASTELLS, Manuel. *A questão urbana*. São Paulo: Paz e Terra, 1983.

CASTELLS, Manuael; HALL, Peter. *Technopoles of the World: The Making of 21st-century Industrial Complexes*. London: Routledge, 1994.

CHANDLER, Gyanesh; MARKHAM, Brian. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. In: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 41, n. 11, nov. 2003.

COLLISHON, Erika. *O campo térmico da Região Metropolitana de Porto Alegre: análise a partir da interação entre as variáveis ambientais na definição do clima urbano*. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.

COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. *Cartas Topográficas do Estado Paraná*. (D IV-1; D IV-2; D I-3; D I-4) 1970. Escala 1:50.000. Meio digital.

COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. *Cartas Raster do Estado Paraná*. 1976. Escala 1:50.000. Meio digital.

COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. A evolução histórica da RMC. *Metrópolis em revista*. Curitiba: COMEC, v. 1, n. 1, p. 5-14, 1999.

COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. *Carta do Arruamento dos municípios dos NUC*. 2000. Curitiba: COMEC, 2000. Escala 1:50.000.

COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. *Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Curitiba*. PDI/2001-COMEC, 2002a. Curitiba, 2002a.

COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. *Carta das Áreas Urbanas e Urbanizadas dos municípios do AMC*. Curitiba: COMEC, 2002b. Escala 1:200.000. Meio digital.

COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. *Carta de Zoneamento Uso do Solo dos municípios do NUC*. 2003a. Escala 1:10.000 e 1:2.000. Meio digital.

COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. *Carta do Zoneamento Uso do Solo dos municípios dos NUC*. 2003b. (base cartográfica 1976-85-00). Escala 1:75.000. Meio impresso.

COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. *Carta das Bacias Hidrográficas da RMC*. 2003c. (base cartográfica 1976-85-00). Escala 1:100.000.

COMEC. *Situação geográfica*. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/comec/ormc.html>>. Acesso em 10 jul. 2006.

CONTI, José Bueno. *Clima e meio ambiente*. São Paulo: Atual, 1998. 83p.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. *Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos*. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

COSTA, Enio Cruz da. *Física aplicada à construção; conforto térmico*. São Paulo: Blücher, 1974.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Climanálise. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise>>. Acesso em 28 set. 2006.

CUNHA, Keith Bento da. *Técnicas de representações gráficas de índices morfométricos e outras variáveis aplicadas à análise do meio ambiente – estudo teórico*. Tese (doutorado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1988.

CURITIBA. *Lei nº. 9.800, de 3 de janeiro de 2000* (Dispõe sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Curitiba e dá outras providências). Prefeitura Municipal de Curitiba, 2000.

DANNI, Ines Moresco. *Aspectos temporo-espaciais da temperatura e umidade relativa em Porto-Alegre em janeiro de 1982: contribuição ao estudo do clima urbano*. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 1987.

DANNI-OLIVEIRA, Ines Moresco. Aspectos Climáticos de Curitiba-PR: uma contribuição para o ensino médio. *RA'EGA O Espaço Geográfico em Análise*, Curitiba, n. 3, p. 229-253, 1999.

\_\_\_\_\_. *A cidade de Curitiba e a poluição do ar: implicações de seus atributos urbanos e geoecológicos na dispersão de poluentes em período de inverno*. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

\_\_\_\_\_. Procedimentos de aferição de termômetros para atividades de campo em Climatologia Geográfica. *RA'EGA*, Curitiba, Editora da UFPR, n. 6, p. 75-80, 2002.

DANNI-OLIVEIRA, Ines Moresco; MENDONÇA, Francisco. Analyse rythmique des types de temps: une approche climatique a echele temporelle fine. In: *Climat Memoire du Temps - Actes du Colloque*; XVII COLLOQUE INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIE; METEO-FRANCE et UNIVERSITE DE CAEN BASSE-NORMANDIE, 17., Caen / France, 2004. Caen, 2004.

DAVANSO, Sonia. *Meio ambiente e gravidez na adolescência: um estudo de desenvolvimento humano em uma vila de recicladores de lixo em Curitiba, PR*. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

DE BIASI, Mario. Carta de declividade de vertentes: confecção e utilização. *Geomorfologia*, São Paulo, n. 21, p. 8-13, 1970.

\_\_\_\_\_. Carta climográfica: os métodos de representação e sua confecção. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, n. 6, p. 45-60, 1992.

DELÉAGE Edith. *Quais perspectivas filosóficas para a sociedade contemporânea?* Seminário Optativo. Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento da UFPR. Anotações de aula. Curitiba, 25-30 mar. 2004.

DELÉAGE Jean Paul. L'environnement au vingtième siècle, In: *La Pensée*, n. 331. Paris: Espaces Marx, 2002. p. 5-17.

DESCHAMPS, Marley V. *Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba*. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004, 155p.

DUBOIS-MAURY, J; CHALINE, C. *Les riscs urbains*. Paris: Armand Colin, 2002.

DUMKE, Eliane M. S. *Avaliação do Desempenho Térmico em sistemas construtivos da Vila Tecnológica de Curitiba como subsídio para a escolha de Tecnologias Apropriadas em Habitação de Interesse Social*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2002.

DUMKE, Eliane M. S.; KRÜGER, Eduardo. L. Estrutura urbana e graus de conforto em Curitiba. In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005, São Paulo. *Anais do XI SBGFA*. São Paulo: USP, 2005. v. 1, p. 1-18.

ELIASSON, Ingegärd. The use of climate knowledge in urban planning. In: *Landscape and Urban Planning*, 48 Göteborg: Elsevier Science, 2000. p. 31-44.

FANGER, Povl Ole. *Thermal comfort*. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970.

FELDMAN, Sarah (Ed.). Debate: A pesquisa sobre segregação: conceitos, métodos e medições. In: *Espaço & Debates: segregações urbanas, revista de estudos regionais e urbanos*, v. 24, n. 45, p. 87-109, jan.-jul. 2004.

FERNANDES DE OLIVEIRA, Marcia M. *A dengue em Curitiba: Uma abordagem climatológica do episódio de março/abril-2002*. Monografia (Conclusão de Curso de Graduação em Geografia). Curitiba: UFPR, 2003.

FILL, Heinz D.; SUGAI, Martha B.; HILU, A. Caracterização climatológica da Região Metropolitana de Curitiba. *Engenharia e Construção*, Curitiba, n. 28, jan. 1999, p. 17-21.

FIRKOWSKI, Olga L. C. de F.; MOURA, Rosa. Regiões metropolitanas e metrópoles. Reflexões acerca das espacialidades e institucionalidades no Sul do Brasil. *Revista RA'EGA*, n. 5, p. 27-46, 2001.

FIRKOWSKI, Olga L. C. de F. A nova lógica de localização industrial no aglomerado metropolitano de Curitiba. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, Curitiba, IPARDES, n. 103, p. 79-100, 2002.

FLORIANI, Dimas; KNECHTEL, Maria do Rosário. *Educação ambiental, epistemologia e metodologias*. Curitiba: Vicentina, 2003. 143p.

FLORIANI, Dimas. *Conhecimento, meio ambiente & globalização*. Curitiba: Juruá/PNUMA, 2004.

FOLHES, Marcelo Theophilo. Uma aplicação da banda termal do TM/Landsat-5 no gerenciamento dos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., Goiânia, 16-21 abril 2005. *Anais do...* Goiânia: INPE, 2005, p. 3009-3016.

FRAGOMENI, Luiz Henrique. A Perspectiva do Planejamento Urbano para a Sustentabilidade In: CONGRESSO DA ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE UNIVERSIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE – OIUDSMA, 6., 2006, Universidade Federal do Paraná. *Anais do...* Curitiba, UFPR, 2006.

GALLEGO, Lucy Pinto. *Tipos de tempo e poluição atmosférica no Rio de Janeiro: um ensaio em climatologia urbana*. Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1972.

GARCÍA, F. F. *Manual de Climatología Aplicada: clima, medio ambiente y planificación*. Madrid: Síntesis, 1995.

GEIGER, Rudolf. *Manual de Microclimatologia o clima da camada de ar junto ao solo*. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1990. 556p.

GIDDENS, Anthony. *As conseqüências da Modernidade*. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1991. 177p.



GIDDENS, Anthony; PIERSON, Christopher. *Conversas com Anthony Giddens: o sentido da modernidade*. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2000. 156p.

GIVONI, Baruch. *Man, Climate and Architecture*. Barking, Essex, England: Applied Science Publishers, 1976.

\_\_\_\_\_. *Comfort, climate analysis and building design guidelines*. *Energy and Buildings*, v. 18, p. 11-23, 1992.

\_\_\_\_\_. *Climate considerations in building and urban design*. Nova York: ITP, 1997.

GONZALEZ, Eduardo et al. *Proyecto clima y arquitectura*. v. 1. México: Gustavo Gili, 1986.

GOOGLE. *Google Earth*, versões 3 e 4.2. Programa. Seattle/Kirkland, 2007.

GORDON, C. *A evolução cultural do homem*. Rio de Janeiro: Zahar, 1971.

GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. *Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras*. Florianópolis: PROCEL/Núcleo de Pesquisa em Construção; UFSC, 1998.

GUSDORF, Georges. In: JAPIASSU, Hilton. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago, 1976. 221p.

HABERMAS, Jürgen. *Técnica e ciência como "ideologia"*. Lisboa: Edições 70, 1993.

HARDT, Michael; NEGRI Antonio. *Império*. Rio de Janeiro: Record, 2001. 501p.

HARVEY, David. *A condição pós-moderna: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural*. São Paulo: Loyola, 1992. 349p.

HENDERSON-SELLERS, A.; ROBINSON, P. J. *Contemporary climatology*. New York: John Wiley & Sons, 1989. 439p.

IANNI, O. *A era do globalismo*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1997.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cartas Topográficas do Estado Paraná*. 1970. Escala 1:25.000. Meio digital.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual Técnico de uso da terra*. SOKOLONSKI, H. H. (Org.). Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Primeira Divisão de Geociências do Nordeste, 1999. 58p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Atlas do Censo Demográfico 2000*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 28 nov. 2006.

IIDA, Itiro. *Ergonomia: projeto e produção*. São Paulo: Edgar Blücher, 1997.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. *Informações meteorológicas*. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em 2 set. 2006.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. *Carta da Taxa de Pobreza – Região Metropolitana de Curitiba*. Curitiba: IPARDES, 2000a. Meio digital.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. *Carta de Adequação Geral dos Domicílios Urbanos – Região Metropolitana de Curitiba*. Curitiba: IPARDES, 2000b. Meio digital.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. *Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM – 2000: anotações sobre o desempenho do Paraná*. Curitiba: IPARDES, 2003.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. *Indicadores intrametropolitanos 2000: diferenças socioespaciais na Região Metropolitana de Curitiba*. Curitiba: IPARDES, 2005. 1 CD-ROM.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. *Curitiba, Planejamento um processo permanente*. Curitiba, IPPUC, 2002. 132p.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. *Mapas Temáticos*. Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br>>. Acesso em 25 jul. 2006.

IZARD, J.-L.; GUYOT, A. *Arquitetura bioclimática*. 2. ed. México: Gustavo Gili, 1983. (Colección Tecnología y Arquitectura)

JACOB, A.; YOUNG, A. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 15., 2005, Caxambu-MG. *Anais do...* Caxambu: ABEP, 2006.

JAPIASSU, Hilton. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago, 1976. 221p.

KATSCHNER, L. Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. *Anais do...* Salvador: ANTAC, 1997. p. 49-58.

KATZINSKY, Luciane. *Introdução ao estudo do clima urbano de Araucária/PR: situação de verão/2000*. Monografia (Especialização em Análise Ambiental). Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2000. 56p.

KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V. *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*. Madrid: Paraninfo, 1977.

KRÜGER, Eduardo; BASTOS, João Augusto; CARVALHO, Marília G. et al. Apropriação do Conhecimento Tecnológico. BASTOS, J. A. (Org.). In: *Coletânea Apropriação do Conhecimento Tecnológico*. Curitiba: CEFET-PR, 2000. p. 10-30.

KRÜGER, Eduardo. Tecnologias apropriadas e habitação social no Brasil. KRÜGER, E. L. (Org.). In: *Coletânea Tecnologias Apropriadas*. Curitiba: CEFET-PR, 2000, p. 43-53.

\_\_\_\_\_. Conforto Térmico: a necessidade de adaptação climática como forma de sobrevivência. *Cadernos Técnicos – AUT/Universidade de São Paulo*, São Paulo, n. 10, p. 23-38, 2002a.

\_\_\_\_\_. Experimentos simples na área de conforto e desempenho térmico. *Revista de Ensino de Engenharia*, ABENGE, Brasília, v. 21, n. 1, p. 43-48, 2002b.

\_\_\_\_\_. *Final Research Report - Post-Doctoral Research*. Ben Gurion University of the Negev, Sede Boqer, Israel. 2006.

KRÜGER, Eduardo; DUMKE, Eliane. Compreendendo a Ilha de Calor de Curitiba: Comparação entre duas estações meteorológicas, uma urbana e outra rural na RMC. In: Seminário Internacional NUTAU 2006. São Paulo. *Anais do...* São Paulo: FAU-USP, 2006. v. 1, p. 1-10.

\_\_\_\_\_. ; \_\_\_\_\_. Estudo bioclimático sobre o planejamento urbano de Curitiba. In: IX ENCONTRO NACIONAL e V ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2007, Ouro Preto. *Anais do IX ENCAC*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. v. 1, p. 1-10.

LACEY, H. *Valores e atividade científica*. São Paulo: Discurso Editorial, 1998.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: PW, 1997. 192p.

LANDSAT-5 TM - 220/78, Imagens multiespectrais do satélite, 20 ago. 2006, todas as bandas. Meio digital.

LANDSAT-7 ETM+, 220-078, Imagens multiespectrais do satélite, 27 set. 2002, todas as bandas. Meio digital.

LEFEBVRE, Henri. *O direito à cidade*. São Paulo: Moraes, 1991.

LEFF, Enrique. *Ciências Sociales y Formación Ambiental*. Barcelona: Gedisa, 1994.

\_\_\_\_\_. *Epistemologia Ambiental*. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2006. 240p.

LEROI-GOURHAN, A. *O gesto e a palavra – 1. Técnica e linguagem*. São Paulo: Edições 70, 1964.

LÉVI-STRAUSS, C. et al. *Raça e ciência*. São Paulo: Perspectiva, 1970.

LIMA, Cristina de Araújo. *A ocupação de área de mananciais na Região Metropolitana de Curitiba: do planejamento à gestão ambiental urbana-metropolitana*. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2000. 359f.

LIMA, Lucimeire Pessoa de. *Clima e forma urbana: métodos de avaliação do efeito das condições climáticas locais nos graus de conforto térmico e no consumo de energia elétrica em edificações*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2005. 120 f.

LMPT/EMC; NPC/ECV, UFSC. *Analysis*, versão 1.5. Programa Analysis para avaliação bioclimática e de conforto térmico. Florianópolis: LMPT e NPC/UFSC, 1994. Programa. 3 Disquetes 3 ½ pol.

LOIS, E.; LABAKI, L. C. Conforto térmico em espaços externos: uma revisão. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2001, São Pedro/SP. *Anais do...* São Pedro: ANTAC, 2001.

LOMBARDO, Magda A. *Ilha de Calor nas Metrôpoles – o exemplo de São Paulo*. São Paulo: HUCITEC, 1985. 244p.

MACHADO, Paulo H. B. *Qualidade de Vida em Paranaguá, uma perspectiva Local*. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

MARCUSE, Peter. Enclaves, sim; guetos, não: a segregação e o estado. In: *Espaço & Debates: Segregações Urbanas, Revista de Estudos Regionais e Urbanos*, v. 24, n. 45, p. 24-33, jan.-jul. 2004. p. 24.

MARKUS, T. A.; MORRIS, E. N. *Buildings, climate and energy*. London: Pitman, 1980.

MATTOS, Carlos A. de. Redes, nodos e cidades: transformação da metrópole latino-americana. In: RIBEIRO, Luiz C. Q. (Org.). *Metrópoles. Entre a coesão e a fragmentação, a cooperação e o conflito*. São Paulo: Perseu Abramo; Rio de Janeiro: FASE, 2004. p. 157-196.

MENDONÇA, Francisco. *Geografia e meio ambiente*. São Paulo: Contexto, 1993.

\_\_\_\_\_. *O Clima e o Planejamento Urbano de cidades de porte médio e pequeno-proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina-PR*. Tese (Doutorado em Geografia) Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.

\_\_\_\_\_. Abordagem interdisciplinar da problemática ambiental urbanametropolitana: esboço metodológico da experiência do Doutorado em MA&D da UFPR sobre a RMC – Região Metropolitana de Curitiba. In: *Revista de Desenvolvimento e Meio Ambiente – Cidade e Ambiente Urbano*, n. 3. Curitiba: Editora da UFPR, 2001a. p. 79-95.

\_\_\_\_\_. *Clima e criminalidade: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência da criminalidade urbana*. Curitiba: Editora da UFPR, 2001b. 182p.

\_\_\_\_\_. Geografia socioambiental. In: MENDONÇA, F.; KOZEL, S. (Orgs.). *Elementos de epistemologia da geografia contemporânea*. Curitiba: Ed. da UFPR, 2002a. p.121-144. 270p.

\_\_\_\_\_. Aspectos da problemática ambiental urbana da cidade de Curitiba/PR e o mito da “Capital Ecológica”. In: *Espaço e Tempo*, n. 12, São Paulo, GEOUSP, 2002b. p. 1-8.

\_\_\_\_\_. O Estudo do Clima Urbano no Brasil: Evolução, tendências e alguns desafios. In: MONTEIRO; MENDONÇA. *Clima Urbano.*, 2003.

\_\_\_\_\_. (Org.). *Cidade, desenvolvimento e meio ambiente: a abordagem interdisciplinar de problemáticas socioambientais urbanas de Curitiba e Região Metropolitana*. Curitiba: Editora da UFPR, 2004a. 276p.

\_\_\_\_\_. S.A.U. Sistema Ambiental Urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. In: MENDONÇA, F. A. (Org.). *Impactos Socioambientais Urbanos*. Curitiba: Ed. da UFPR, 2004b. p.185-207. 330p.

\_\_\_\_\_. (Org.). Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba. In: *Revista de Desenvolvimento e Meio Ambiente – Cidade e Ambiente Urbano*, n.10. Curitiba: Editora da UFPR, 2004c. p. 139-148.

\_\_\_\_\_. *Urbanização, Cidade e Ambiente Urbano*. Curso de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento da URPR. Anotações de aula. Curitiba, jun. 2006a.

\_\_\_\_\_. Clima, tropicalidade e saúde: Uma perspectiva a partir da intensificação do aquecimento global. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 1, p. 97-110, 2006b.

\_\_\_\_\_. Repercussões do Aquecimento Global na Saúde Humana: uma abordagem a partir das doenças “re-emergentes” no Brasil. Curitiba: 2007 (no prelo).

MENDONÇA, Francisco; DUBREUIL, V. Termografia de superfície e temperatura do ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba). *Revista RA'E GA*, Curitiba, Editora UFPR, n. 9, p. 25-35, 2005.

MENDONÇA, Francisco; PAULA, Eduardo V. de; FERNANDES DE OLIVEIRA, Márcia M. Aspectos socioambientais da expansão da dengue no Paraná. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E SOCIEDADE – ANPPAS, 3., 23-26 maio 2006, Brasília. *Anais do...* Brasília: ANPPAS, 2006. Disponível em: <www.anppas.org.br>.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Ines M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. v. 1. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.

MENEZES, Claudino Luiz. *Desenvolvimento urbano e meio ambiente: A experiência de Curitiba*. Campinas: Papirus, 1996. 208p.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S/A. *Plano Diretor de Mineração-PDM-RMC*. Curitiba: MINEROPAR, 2004. Escala 1:50.000. Meio digital.

MITAS, L.; MITASOVA, H. Spatial Interpolation. In: LONGLEY et al. (Eds.). *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*. New York: John Wiley, 1999. p. 481- 492.

MONTEIRO, Carlos Augusto F. *Teoria e Clima Urbano*. IGEOG-USP, Série Teses e Monografias, n. 25, São Paulo: USP, 1976. 181p.

\_\_\_\_\_. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de Clima Urbano no Brasil. *GeoSul*, Florianópolis, Edufsc, n. 9, ano 5, p. 7-19, 1990a.

\_\_\_\_\_. A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de um “clima urbano”. *GeoSul*, Florianópolis, Edufsc, n. 9, ano 5, p. 80-114, 1990b.

\_\_\_\_\_. Derivações antropogenéticas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. *Ra'ega*, Curitiba, v. 1, n. 5, p.197-226, 2001.

\_\_\_\_\_. Teoria e Clima Urbano. In: MONTEIRO, C. A. de F; MENDONÇA, F. (Org.) et al. *Clima urbano*. São Paulo: Contexto, 2003. p. 9-67.

MONTEIRO, Leonardo; ALUCCI, Márcia. Índices de conforto térmico em espaços abertos. Parte 1: Revisão histórica. In: ENCAC-ELACAC 2005 – ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5-7 out. 2004, Maceió. *Anais do...* Maceió: ENCAC-ELACAC, 2004 a.

\_\_\_\_\_. ; \_\_\_\_\_. Índices de conforto térmico em espaços abertos. Parte 2: Estado da arte. In: ENCAC-ELACAC 2005 – ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5-7 out. 2004, Maceió. *Anais do...* Maceió: ENCAC-ELACAC, 2004 b.

MOREIRA, Mauricio Alves. *Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação*. São José dos Campos: INPE, 2001. 250p.

NOGAROLLI, Mozart. *Aquecimento global: a participação de Curitiba e Iguape*. Monografia (Bacharelado em Geografia). Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2000.

NUCCI, J. C.; WESTPHALEN, Laiane Ady; BUCCHERI FILHO, Alexandre Theobaldo; NEVES, Diogo Labiak; OLIVEIRA, Felipe Augusto Hoeflich Damaso de; KRÖKER, Rudolf. Cobertura Vegetal no bairro Centro de Curitiba/PR. *Geo UERJ*, Rio de Janeiro, v. 1, p. 1, 2003.

NUNES, Lucí Hidalgo. Repercussões globais, regionais e locais do aquecimento global. In: *Revista Terra Livre – Mudanças Climáticas: Repercussões Globais e Locais*, ano 19, v. 1, n. 20, AGB, São Paulo, 2003, p. 101-110.

OBA, Leonardo Tossiaki. Cidade grifada: Curitiba e seus eixos estruturais. In: ENCONTRO ANUAL ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE – ANPPAS, 2., Brasília, 2004. *Anais do...* Brasília: ANPPAS, 2004.

OKE, Tim R. *Boundary layer climates*. London: Methuen, 1978. 372 p.

\_\_\_\_\_. Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings*, New York: Elsevier, n. 11, p. 103-113, 1988.

OLGYAY, V. *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*. New Jersey: Princeton University Press, 1963. 190p.

OLIVEIRA, Denisson. *A política de Planejamento Urbano: o caso de Curitiba*. Tese (Doutorado em Ciências Sociais). UNICAMP. Campinas, 1995.

OLIVEIRA, M. C. A.; LABAKI L. C. Avaliação de conforto térmico no Brasil: a pesquisa de Paulo Sá no Rio de Janeiro, nas décadas de 1930 a 1950. Uma aproximação com o Método Adaptativo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., e CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3., 2003, Curitiba. *Anais do...* Curitiba: ENCAC-COTEDI/ANTAC, 2003.

OLIVEIRA, P. M. P. *Cidade apropriada ao clima: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade de Brasília. Brasília, 1988.

PAULA, Eduardo Vedor de. *Dengue: uma análise climato-geográfica de sua manifestação no estado do Paraná (1993-2003)*. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

PERTSCHI, Susanne Cristine. *Aspectos do campo térmico da área urbana de São José dos Pinhais/PR: situação de verão*. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005. 172p.

PEZZUTO, Claudia ; LABAKI, Lucila; FRANCISCO Filho, Lauro L. Conforto térmico nos espaços urbanos abertos: a morfologia urbana e a relação com as condições climáticas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., e CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3., 2003, Curitiba. *Anais do...* Curitiba: ENCAC-COTEDI/ANTAC, 2003.

PNUD - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. UNOPS - Oficina de Servicios para Proyectos de las Naciones Unidas. Proyecto regional de capacitacion en gestion ambiental urbana. Guia metodologica de capacitacion en gestion ambiental urbana para universidades de América Latina y el Caribe. Nova York: UNDP/UNOPS, 1997.

PRÉTECEILLE, Edmond. A construção social da segregação urbana: convergências e divergências. In: *Espaço & Debates: Segregações Urbanas, Revista de Estudos Regionais e Urbanos*, v. 24, n. 45, p. 11-23, jan.-jul. 2004.

RATTNER, H. E depois da nova era tecnológica? *Revista Brasileira de Tecnologia*, Brasília, v. 16, n. 6, nov.-dez. 1985, p. 28-36.

RAYNAUT, Claude et al. *Cadernos de Desenvolvimento e Meio Ambiente*. n. 3, Curitiba: Editora da UFPR; Université de Paris 7- Denis Diderot, 1996.

REDEMET - Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica. Disponível em: <www.redemet.aer.mil.br>. Acesso em 20 ago. 2007.

ROMERO, Marta A. B. *Princípios bioclimáticos para o desenho urbano*. São Paulo: ProEditores, 2000. 128p.

ROMERO, Marta A. B. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. Brasília: Universidade de Brasília, 2001. 226p.

RORIZ, Maurício. *Zona de conforto térmico: um estudo comparativo de diferentes abordagens*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Departamento de Arquitetura e Planejamento, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1987.

\_\_\_\_\_. *Luz do Sol*, versão 1.1. Programa Luz do Sol para Radiação e Iluminação Natural. São Carlos: UFSCar, 1995. Programa. 3 Disquetes 3 ½ pol. Disponível em: <www.labee.ufsc.br>

\_\_\_\_\_. Flutuações Horárias dos Limites de Conforto Térmico: Uma Hipótese de Modelo Adaptativo. In: COTEDI 2003 - Conferencia Internacional sobre Confort y Comportamiento Térmico de Edificacion, 5-7 nov. 2003, Curitiba. *Anais do...* Curitiba: ANTAC, 2003.

RORIZ, Maurício; BRABUGLI, Renata. Mapeamento e Análise de Micro-Climas Urbanos. In: COTEDI 2003 - Conferencia Internacional sobre Confort y Comportamiento Térmico de Edificacion, 5-7 nov. 2003, Curitiba. *Anais do...* Curitiba: ANTAC, 2003.

ROSSI, Francine; KRÜGER, Eduardo. Atualização do ano climático de referência para Curitiba. In: SEMANA DE TECNOLOGIA: TECNOLOGIA PARA QUÊ E PARA QUEM? 2., 2003, Curitiba. *Atas da...* Curitiba: PPGTE/CEFET-PR, 2003. v. 1, p. 1-4.

ROSSI, Francine. *Análise da influência da ocupação do solo na variação da temperatura em diferentes localidades da cidade de Curitiba*. 135 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2004.

SAKAMOTO, L. L. S. Relação entre a temperatura do ar e a “configuração do céu” na área central da metrópole paulistana: análise de dois episódios diários. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994. 200f.

SÁNCHEZ GARCIA, Fernanda E. *Cidade espetáculo: política, planejamento e city marketing*. Curitiba: Palavra, 1997. 168p.

SANTANA, Andréia M. S. de. *O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

SANTOS, Boaventura de S. Cinco desafios à imaginação sociológica. In: *Pela Mão de Alice. O social e o político na pós-modernidade*. São Paulo: Cortez, 2000, p. 17-22.



SANTOS, Iara Gonçalves dos; LIMA, Henrique Gazzola de; ASSIS, Eleonora Sad de. Influência da geometria urbana e da inércia térmica na alteração do clima urbano: uma abordagem preditiva. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., e CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3., 2003, Curitiba. *Anais do...* Curitiba: ENCAC-COTEDI/ANTAC, 2003.

SANTOS, Milton. *A urbanização brasileira*. São Paulo: Hucitec, 1994.

\_\_\_\_\_. *Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico-científico informacional*. São Paulo: Hucitec, 1998.

SASSEN, Saskia. *As Cidades na Economia Mundial*. São Paulo: Studio Nobel, 1998.

SCHUSSEL, Zulma das Graças Lucena. O desenvolvimento urbano sustentável – uma utopia possível? In: *Revista de Desenvolvimento e Meio Ambiente – Cidade e sustentabilidade*, n. 9. Curitiba: Editora da UFPR, 2004. p. 57-68.

SCOTT, A.; AGNEW, J.; SOJA, E.; STORPER, M. Cidades-regiões globais. In: *Espaço e Debates: Aliança e competição entre cidades*. São Paulo: NERU, n. 41, 2001, p. 11-25.

SERRES, Michel. *O Contrato Natural*. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.

SEZERINO, Maria Lurdes; MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. O Campo Térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. *GeoSul*, Florianópolis: Edufsc, n. 9, ano 5, p. 20-60, 1990.

SIMEPAR. Sistema Meteorológico do Paraná. Disponível em: <<http://www.simepar.br>>. Acesso em 15 jun. 2006.

SOJA, Edward. Exopolis: the restructuring of urban form. In: *Postmetropolis. Critical studies of cities and regions*. Oxford: Blackwell Publishing, 2000. p. 233-263.

SORRE, M. A adaptação ao meio climático e biossocial – geografia psicológica. In: MEGALE, J. F (Org.). *Max Sorre*. São Paulo: Ática, 1984. (Coleção Grandes Cientistas Sociais, 46)

SOUZA, L. C. L. Identificação de Ilhas Urbanas de Calor Através de Interpretação de Imagem de Satélite. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 1993, Florianópolis-SC. *Anais do...* Florianópolis: ENCAC, p. 227-231.

STEADMAN, P. Energía, medio ambiente y edificación. *Madrid: Hermann Blume, 1978*.

SUGA, M. *Avaliação do potencial de aproveitamento de luz natural em cânions urbanos: estudo realizado nos Eixos Estruturais de Curitiba*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2005.

SUGA, M.; KRÜGER, E. L. Verificação das condições de iluminação em ambientes internos de edificações situadas em um cânion urbano de Curitiba. In: CONGRESO CONFORT Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ARQUITECTURA - COTEDI, 4., 2005, Ciudad de México. *Memorias del IV COTEDI*. Ciudad de México: Universidad Autonoma Metropolitana - UAM, 2005. v. 2, p. 323-328.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL (SUDERHSA). *Aglomerado Urbano da RMC - Paraná: levantamento aerofotogramétrico*. Curitiba, 2000. Escala 1:30.000. Meio digital.

TUBELIS, Antonio; NASCIMENTO, Fernando J. L. do. *Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras*. São Paulo: Nobel, 1992. 374p.

ULTRAMARI, Clovis; MOURA, Rosa (Org.). *Metrópole: Grande Curitiba: teoria e prática*. Curitiba: IPARDES, 1994. 154 p.

VICENTINI, Yara et al. *Urbanização e recursos hídricos na Região Metropolitana de Curitiba*. Curitiba: MA&D/UFPR, 2004. 1 CD-ROM.

XIE, Xiaomin; HUANG, Zhen; WANG, Jiasong; XIE, Zhen. The impact of solar radiation and street layout on pollutant dispersion in street canyon. *Building and Environment*, n. 40, p. 201-212, 2005.

WACHOWICZ, Lílian. *A interdisciplinaridade na Universidade*. Curitiba: Champagnat, 1998. 128p.

WATSON, Donald. *La casa solar*. Madrid: Hermann Blume, 1985.

WEINSTOCK, G.; WEINSTOCK, D. M. (Eds.). *CIB – AGENDA 21 para a construção sustentável*. São Paulo: s.n., 2000.

WIRTH, Louis. O urbanismo como modo de vida. In: VELHO, Otávio Guilherme (Org.). *O fenômeno urbano*. Rio de Janeiro: Zahar, 1967. p. 90-113.

ZANELLA, Maria Elisa. *Inundações urbanas em Curitiba/PR: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no bairro Cajuru*. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade de Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

## SITES PESQUISADOS

<[www.dpi.inpe.br](http://www.dpi.inpe.br)>. Acesso em 9 jun. 2007.

<[www.dw-world.de](http://www.dw-world.de)>. Acesso em 23 mar. 2007.

<[www.engesat.com.br](http://www.engesat.com.br)>. Acesso em 11 jun. 2007.

<[http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook\\_htmls/chapter9/chapter9.htm](http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook_htmls/chapter9/chapter9.htm)>. Acesso em 12 mar. 2007

<<http://www.wunderground.com/weatherstation>>. Acesso em 02 fev. 2007.

## JORNAIS PESQUISADOS

FOLHA DE SÃO PAULO. São Paulo, mai.-dez. 2006. Disponível em: <<http://www.folha.uol.com.br/>>.

GAZETA DO POVO ONLINE. Curitiba, jan.-dez. 2006. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br>>.

PARANÁ ONLINE. Curitiba, jan.-dez. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>.

TRIBUNA DO INTERIOR. Campo Mourão, jan.-dez. 2006. Disponível em: <<http://www.tribunadointerior.com.br>>.

## ARTIGOS DE JORNAIS

AE Notícias. Cuidados e orientações ajudam na prevenção contra a meningite. *Paraná Online*. Curitiba, 17 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 17 ago. 2006.

AGRICULTORES desesperados. *Gazeta do Povo Online*. Curitiba, 27 mar. 2006. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br>>. Acesso em 27 mar. 2006.

BARROS, Márcio e CARVALHO, Joyce. Chuva rápida causa prejuízos e susto em Curitiba. *Paraná Online*. Curitiba, 20 dez. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 20 dez. 2006. Foto: BACK, Cícero.

BOLETINS CLIMÁTICOS. Dia mais frio do ano no Brasil... 21/08/06. *Boletins Climáticos Climatedia*. Curitiba, 21 ago. 2006. [www.climatedia.com.br](http://www.climatedia.com.br). Acesso em 21 ago. 2006.

BOMBEIROS tentam conter 15 focos de incendio em curitiba e região. *Paraná Online*. Curitiba, 25 jul. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 25 jul. 2006.

BRONKHORST, Tineke. Efeitos da estiagem poderão ser sentidos no verão. *Gazeta do Povo Online*. Curitiba, 12 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br>>. Acesso em 12 ago. 2006.

BUCHMANN, Fábio. Chuva causa transtorno para os moradores de Curitiba e RMC. *CBN Curitiba*, Curitiba, 12 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.cbncuritiba.com.br>>. Acesso em 20 ago. 2006.

CALOR excessivo na capital em pleno inverno surpreende. *Paraná Online*. Curitiba, 10 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 10 ago. 2006. Foto: MAURÍCIO, Aliocha.

CALOR fora de hora atíça a aranha-marrom. *Ambiente Brasil*, São Paulo, 09 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>> Acesso em 09 ago.2006.

CATARATAS têm a pior estiagem dos últimos 70 ano. *Tribuna do Interior*. Curitiba, 26 jul. 2006. Disponível em: <<http://www.tribunadointerior.com.br>>. Acesso em 26 jul. 2006.

CAUSA de prejuízos. *Gazeta do Povo Online*. Curitiba, 31 mai. 2006. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br>>. Acesso em 31 mai. 2006.

CHUVA é insuficiente, e Paraná deve rever projeção de safra. *Tribuna do Interior*. Curitiba, 01 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.tribunadointerior.com.br>>. Acesso em 01 ago. 2006.

CHUVA permite que SANEPAR suspenda o rodízio temporariamente. *Paraná Online*. Curitiba, 02 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 02 set. 2006. Foto: ALVES, Walter.

CORAÇÃO também pode ser afetado com a queda na temperatura. *Central Press*, São Paulo, 01 ago.2006. Disponível em: <<http://www.centralpress.com.br>>. Acesso em 01 ago.2006.

DEFESA CIVIL alerta seis Estados por baixa umidade relativa do ar. *Folha de São Paulo*. São Paulo, 24 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.folha.uol.com.br/>>. Acesso em 24 ago. 2006.

FUMAÇA leva perigo aos motoristas na BR-376. *Paraná Online*. Curitiba, 25 jul. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>> Acesso em 25 jul. 2006.

HÁ 70 DIAS não chove no Paraná, e seca já atinge produtores agrícolas. *ENVOLVERDE - Revista Digital de Ambiente, Educação e Cidadania*. São Paulo, 22 jun. 2006. Disponível em: <<http://www.envolverde.com.br>>. Acesso em 22 jun. 2006.

INCÊNDIO está destruindo parque do PR considerado patrimônio da humanidade. *Tribuna do Interior*. Curitiba, 15 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.tribunadointerior.com.br>>. Acesso em 15 ago. 2006.

LAGO menor. *Gazeta do Povo Online*. Curitiba, 28 abr. 2006. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br>>. Acesso em 28 abr. 2006.

MARCIO, Antonio. Deficiência hídrica está em 70 mm. *Tribuna do Interior*. Curitiba, 28 jul. 2006. Disponível em: <<http://www.tribunadointerior.com.br>>. Acesso em 28 jul. 2006.

\_\_\_\_\_. Chuva acaba com longo período de calor. *Tribuna do Interior*. Curitiba, 29 jul. 2006. Disponível em: <<http://www.tribunadointerior.com.br>>. Acesso em 29 jul. 2006.

\_\_\_\_\_. Inverno continua com temperaturas acima do normal. *Tribuna do Interior*. Curitiba, 10 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.tribunadointerior.com.br>>. Acesso em 10 ago. 2006.

\_\_\_\_\_. Pastos comprometidos pela seca fazem preço do boi gordo disparar. *Tribuna do Interior*. Curitiba, 10 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.tribunadointerior.com.br>>. Acesso em 10 ago. 2006.

MARTONI, Ligia. Falta de escoamento gera impasse em invasão. *Paraná Online*. Curitiba, 20 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 20 set. 2006. Foto: MONTEIRO, Evandro.

PERDAS com a estiagem. *Gazeta do Povo Online*. Curitiba, 9 jun. 2006. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br>>. Acesso em 9 jun. 2006.

PEREIRA, Roger. Clima atípico aumenta chance de incêndio. *Paraná Online*. Curitiba, 09 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 09 ago. 2006. Foto: BACK, Cícero.

\_\_\_\_\_. Terceiro final de semana sem rodízio. *Paraná Online*. Curitiba, 30 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 30 set. 2006. Foto: NORONHA, João de.

RECH, Gisele. Grande Curitiba começa rodízio no racionamento. *Paraná Online*. Curitiba, 04 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 04 ago. 2006. Foto: BACK, Cícero.

\_\_\_\_\_. Racionamento entra no segundo ciclo. *Paraná Online*. Curitiba, 11 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 11 ago. 2006. Foto: BACK, Cícero.

\_\_\_\_\_. Depois de muito tempo, chuva volta ao Paraná. *Paraná Online*. Curitiba, 17 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 17 ago. 2006. Foto: MAURÍCIO, Aliocha.

\_\_\_\_\_. Ainda falta muita chuva em Curitiba e Região Metropolitana. *Paraná Online*. Curitiba, 19 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 19 ago. 2006. Foto: BACK, Cícero.

\_\_\_\_\_. Chuva aumenta volume das cataratas. *Paraná Online*. Curitiba, 23 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 23 ago. 2006. Foto: BORGES, Adilson.

\_\_\_\_\_. Baixa umidade deixa Paraná em alerta. *Paraná Online*. Curitiba, 24 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 24 ago. 2006. Foto: AURELIANO, Valquir.

\_\_\_\_\_. SIMEPAR prevê chuva a partir de amanhã. *Paraná Online*. Curitiba, 26 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 26 ago. 2006. Foto: BACK, Cícero.

\_\_\_\_\_. Chuvas não interferem no racionamento. *Paraná Online*. Curitiba, 29 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 29 ago. 2006. Foto: CASELA, Portos.

\_\_\_\_\_. Frente fria que entrou ontem no Estado trouxe chuvas irregulares em todo o Paraná. *Paraná Online*. Curitiba, 01 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 01 set. 2006. Foto: NORONHA, João de.

\_\_\_\_\_. Rodízio no racionamento pode sofrer alteração. *Paraná Online*. Curitiba, 02 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 02 set. 2006. Foto: NORONHA, João de.

\_\_\_\_\_. Suspenso o racionamento de água na Grande Curitiba. *Paraná Online*. Curitiba, 03 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 03 set. 2006. Foto: ALBERTI, Atila.

\_\_\_\_\_. Paraná começa semana com sol e calor. *Paraná Online*. Curitiba, 12 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 12 set. 2006. Foto: MONTEIRO, Evandro.

\_\_\_\_\_. Depois de muito calor, finalmente chove. *Paraná Online*. Curitiba, 16 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 16 set. 2006. Foto: MAURÍCIO, Aliocha.

\_\_\_\_\_. Amanhã é o dia D para o racionamento. *Paraná Online*. Curitiba, 19 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 19 set. 2006. Foto: LOPES, Ricardo.

\_\_\_\_\_. Chuva suspende rodízio até domingo. *Paraná Online*. Curitiba, 21 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 21 set. 2006. Foto: MARÇAL, Douglas.

\_\_\_\_\_. Acidente desabastece 100 mil em Curitiba. *Paraná Online*. Curitiba, 22 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 22 set. 2006. Foto: NORONHA, João de.

\_\_\_\_\_. Racionamento na Grande Curitiba está perto do fim. *Paraná Online*. Curitiba, 26 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 26 set. 2006. Foto: ALBERTI, Atila.

\_\_\_\_\_. Rodízio no racionamento suspenso até amanhã. *Paraná Online*. Curitiba, 07 out. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 07 out. 2006. Foto: MONTEIRO, Evandro.

\_\_\_\_\_. SANEPAR analisa a volta do racionamento. *Paraná Online*. Curitiba, 10 out. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 10 out. 2006. Foto: BACK, Cícero.

\_\_\_\_\_. Feriado com tempo fechado em Curitiba e região. *Paraná Online*. Curitiba, 13 out. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 13 out. 2006. Foto: KAWAMURA, Chuniti.

\_\_\_\_\_. SANEPAR mantém suspenso racionamento. *Paraná Online*. Curitiba, 19 out. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 19 out. 2006. Foto: BACK, Cícero.

\_\_\_\_\_. Temporais causam estragos no Paraná. *Paraná Online*. Curitiba, 01 nov. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 01 nov. 2006.

\_\_\_\_\_. SANEPAR não descarta volta do racionamento. *Paraná Online*. Curitiba, 07 nov. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 07 nov. 2006.

\_\_\_\_\_. Abastecimento de água garantido por mais 15 dias. *Paraná Online*. Curitiba, 08 nov. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 08 nov. 2006. Foto: MONTEIRO, Evandro.

\_\_\_\_\_. Temperatura não cai. *Paraná Online*. Curitiba, 04 dez. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 04 dez. 2006. Foto: ALBERTI, Atila.

\_\_\_\_\_. Verão inicia com expectativa de forte calor e muita chuva. *Paraná Online*. Curitiba, 21 dez. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 21 dez. 2006. Foto: CARMO, Lucimar do.

RECH, Gisele; ROSÂNGELA, Oliveira. Incêndios florestais proliferam no Paraná. *Paraná Online*. Curitiba, 30 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 30 ago. 2006. Foto: ALBERTI, Atila.

REDAÇÃO/ESTADO DO PARANÁ. Estiagem compromete a safra de café. *Paraná Online*. Curitiba, 03 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 03 set. 2006.

ROCHER, José. Sinais do mau tempo. *Ambiente Brasil*, São Paulo, 12 jun. 2006. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em 12 jun. 2006.

RODÍZIO d'água atingirá mais de 277 mil pessoas em Curitiba. *Tribuna do Interior*. Curitiba, 10 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.tribunadointerior.com.br>>. Acesso em 10 ago. 2006.

SANEPAR alerta para falta de água na Grande Curitiba. *Gazeta do Povo Online*. Curitiba, 21 jun. 2006. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br>>. Acesso em 21 jun. 2006.

SAÚDE.... Inverno com cara de verão na região. *Jornal NH-RS*. Porto Alegre, 14 jul. 2006. Disponível em: <<http://www.jornalnh.com.br>>. Acesso em 14 jul. 2006.

SCHENKEL, Evandro. Curitiba sua com inverno mais quente da história. *Gazeta do Povo Online*. Curitiba, 25 jul. 2006. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br>>. Acesso em 25 jul. 2006.

SECA deixa 253 cidades do Sul em estado de emergência. *Folha de São Paulo*. São Paulo, 25 jul. 2006. Disponível em: <<http://www.folha.uol.com.br/>>. Acesso em 25 jul. 2006.

SECA no estado. *Gazeta do Povo Online*. Curitiba, 03 fev. 2006. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br>>. Acesso em 03 fev. 2006.

SEM ÁGUA no campo. *Gazeta do Povo Online*. Curitiba, 12 jun. 2006. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br>>. Acesso em 12 jun. 2006.

SEM CHUVAS, região dos Campos Gerais teme pela seca no Rio Tibagi. *Gazeta do Povo Online*. Curitiba, 16 jun. 2006. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br>>. Acesso em 16 jun. 2006.

SIMON, Carlos. Evaporando o que resta *Estado do Paraná*. Curitiba, 15 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 15 ago. 2006. Foto: FIDÉLIS, Washington.

RECORDE de calor. *Gazeta do Povo Online*. Curitiba, 17 jan.2006. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br>>. Acesso em 17 jan.2006.

ROCHER, José. Sinais do mau tempo. *Ambiente Brasil*, São Paulo, 12 jun. 2006. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>> Acesso em 12 jun. 2006.

VEGAS, Cintia. Vendaval atinge municípios do oeste do Paraná. *Paraná Online*. Curitiba, 03 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 03 set. 2006.

\_\_\_\_\_. Horário de verão afeta ritmos biológicos. *Paraná Online*. Curitiba, 01 nov. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 01 nov. 2006. Foto: ALBERTI, Atila.

WRONISKI, Elizangela. Controlado incêndio no Parque Nacional do Iguaçu. *Paraná Online*. Curitiba, 15 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 15 ago. 2006. Foto: IBAMA.

\_\_\_\_\_. Semana começa gelada e com geada no Paraná. *Paraná Online*. Curitiba, 21 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 21 ago. 2006.

\_\_\_\_\_. Frio continua intenso em todo o Estado. *Paraná Online*. Curitiba, 22 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 22 ago. 2006.

\_\_\_\_\_. Massa de ar polar derruba temperaturas no Estado. *Paraná Online*. Curitiba, 22 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 22 ago. 2006.

\_\_\_\_\_. Capital registra menor temperatura do ano. *Paraná Online*. Curitiba, 23 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 23 ago. 2006. Foto: AURELIANO, Valquir.

\_\_\_\_\_. Paraná registra dia mais frio do ano. *Paraná Online*. Curitiba, 06 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 06 set. 2006. Foto: LIMA, Sílvia de.

\_\_\_\_\_. Primavera chega com expectativa de chuvas. *Paraná Online*. Curitiba, 23 set. 2006. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br>>. Acesso em 23 set. 2006. Foto: CARMO, Lucimar do.



## APÊNDICE A: Caracterização dos Setores

TABELA A.1 – AU-RMC: Caracterização dos 23 Tipos de Setores

			SOCIEDADE			NATUREZA				
Nº		Localização	Adequação de habitações	Taxa de pobreza <sup>1</sup>	Uso do solo	Hipsometria	Declividade	Orientação de vertentes	Velocidade do vento	Direção do vento
1	1	Curitiba – centro-O centro-E	1	a	A	2	1	-	1-3	N-S NO-SE
2	2.1	Curitiba – centro-O			B	2	1	N/O	3	N-S
	2.2	Curitiba – centro-E			B	2	1	NExSO	3	NO-SE
	2.3	Curitiba -SE São José dos Pinhais			B	1-2	2	ExSO NO-SE	3-4 1-3	NE-SO
3	3.1	Curitiba – centro-O			CD	2-3	4	ExO	1	N-S
	3.2	Curitiba – centro-E			CDF	2	1	NO/NE	3	NO-SE
4	4	Curitiba – centro-E	2	a	A	1-2	1	-	1-3	NO-SE
5	5.1	Curitiba-N Curitiba-N Curitiba-E; São José dos Pinhais			B	2-3 2 1-2	2-3 2 1	NExSO NExSO; NO-SE	3 1 1-4	NO-SE
	5.2	Curitiba-N Curitiba-O Pinhais			B	2-3 2 1-2	3 1 1	S N/O e S -	1-3 1-3 1-3	N-S
	5.3	Curitiba-SE Curitiba-S São José dos Pinhais Araucária			B	1-2	1	N N/NE S/E OxSE	3 3 3 3	NE-SO
6	6.1	Curitiba-O			CD(F)	2-3	3	N/ExSO	1-3	N-S
	6.2	Curitiba-N			CD(F)	3	3	SOxNE	3	NO-SE
7	7	Curitiba-O			BAF	2-3	1	NExSO	3-4	N-S
8	8.1	Curitiba-N Curitiba-NO Curitiba-O			B	2-3 2-3 2	3 1 3	S SxN/E SO e SE	3 3 2	N-S
	8.2	Piraquara			B	1-2	1	-	3	N-S
	8.3	Curitiba-E Curitiba-S			B	2 1-2	1	S N/NE	1-3	NO-SE
	8.4	Curitiba-N			B	2-3 2	2	NO ExO	1-4 2	NO-SE
	8.5	São José dos Pinhais			B	1 1-2	1	-	3 3	NO-SE NO-SE
9	9	Curitiba-N			CDF	2-3	3	S	1-3	NO-SE
10	10	Curitiba-N	2	c	B	2-3	2	SOxNE	1-2	NO-SE
11	11	Piraquara	3	a	B	1	1	-	3	N-S

**FATO URBANO: Taxa de pobreza (%)**: 1. <6,5; 2. 6,5-13,1; 3. 3,1-20; 4. >20. **Adequação habitações (%)**: a. >71,1; b. 54,5-71,1; c. 30-54,5; d. <30. **Uso do solo**: A. Área urbana adensada; B. Área urbana não adensada; C. Vegetação densa; D./E. Vegetação/Cultivo; F. Solo Exposto; G. Corpos d'água.

**ELEMENTOS DO SÍTIO: Hipsometria (m)**: 1. < 890 m; 2. 890-920 m; 3. 920-950 m; 4. 950-980 m; 5. >980. **Declividade (%)**: 1. 0-5%; 2. 0-10%; 3. 0-20%; 4. 0-30%; 5. 0-45%; 6. 0->45%. **Orientação de vertentes**: N; NE; E; SE; S; SO; O; NO; - (plana ou horizontal). **Velocidade do vento**: 1. Calmaria; 2. Baixa; 3. Média; 4. Alta. **Direção do vento**: N-S; NE-SO; L-O; NO-SE.

<sup>1</sup> Conforme mencionado, adota-se o conceito do IPARDES (2005, p. 30) de pobreza: “a condição em que a renda familiar mensal *per capita* é de, no máximo, meio salário mínimo, e a taxa de pobreza corresponde o percentual de famílias nessa condição”.

TABELA A.1 – AU-RMC: Caracterização dos 23 Tipos de Setores (cont.)

			SOCIEDADE			NATUREZA				
Nº	Localização		Adequação das habitações	Taxa de pobreza	Uso do solo	Hipsometria	Declividade	Orientação de vertentes	Velocidade do vento	Direção do vento
12	12	Curitiba-S	3	b	A	2	1	-	3	NO-SE
13	13.1	Curitiba-CIC			B	1 - 2	1	-	1-3	N-S
		Curitiba-S				2	2			
		Pinhais								
		Araucária								
		Colombo								
		Quatro Barras								
	13.2									NO-SE
	13.3	Campo Largo Araucária			B	2 - 3 1 - 2	3 1	S	1 1 - 2	NE-SO
14	14	Curitiba-S; Araucária			BAF	1 - 2	1	-	3	N-S
15	15.1	Curitiba-S e Araucária; Almirante Tamandaré; Colombo; São José dos Pinhais	3	c	B	1 - 2 2 - 3 3 - 4	2 3 3	S SxN ExO	3	N-S
	15.2	Curitiba-S São José dos Pinhais Colombo			B			SExNO SxN SO	3	NO-SE
	15.3	São José dos Pinhais			B	1 - 2	1	-	3	L-O
16	16	Araucária			BAF	1 - 2	1	S	3	N-S
17	17	São José dos Pinhais	3	d	CDF	2	1	-	3	L-O
18	18	Pinhais	4	a	B	1 - 2	1	-	1	N-S
19	19.1	Curitiba-S Campo Magro	4	b	B	2 2-3	1 3	SE NE x SO	3-2 1	N-S N-S
	19.2	Campina Grande do Sul			B	2	2 1	SExNO SO	3 4	NO-SE NO-SE
	19.3	Campina Grande do Sul			B	1-2	3	N SxN	3 4	NE-SO L-O
20	20.1	Campina Grande do Sul			CDF	2	3 2	- N	3	L-O NE-SO
	20.2	Campo Magro			CDF	2-3	3	NExSO S	1-3	N-S NE-SO
	20.3	Curitiba-S			CDF	1-2	1	S	1-2	N-S
21	21.1	Curitiba-L			B	1	1	-	1-3	NO-SE NE-SO
	21.2	Fazenda Rio Grande Araucária Curitiba-S; Araucária Piraquara	4	c	B	1-2	1	NExSO NxS NxS S	3   1-4	NO-SE NE-SO N-S L-O
	21.3	Almirante Tamandaré Colombo			B	2-3 2-4	3	SxNE	3 1-3	N-S
	21.4	Almirante Tamandaré			B	3-4	4	NE	3-4	NO-SE
22	22	Colombo Araucária			BAF	2 1-2	2	SE SExN	2 3	N-S
23	23.1	Campo Largo	4	d	B	2-3	2-3	NxS	1-3	N-S
	23.2	Almirante Tamandaré			B	2-4	3	NxS SExNO	3	N-S NO-SE

**FATO URBANO: Taxa de pobreza (%)**: 1. <6,5; 2. 6,5-13,1; 3. 3,1-20; 4. >20. **Adequação habitações (%)**: a. >71,1; b. 54,5-71,1; c. 30-54,5; d. < 30. **Uso do solo**: A. Área urbana adensada; B. Área urbana não adensada; C. Vegetação densa; D./E. Vegetação/Cultivo; F. Solo Exposto; G. Corpos d'água.

**ELEMENTOS DO SÍTIO: Hipsometria (m)**: 1. < 890 m; 2. 890-920 m; 3. 920-950 m; 4. 950-980 m; 5. >980. **Declividade (%)**: 1. 0-5%; 2. 0-10%; 3. 0-20%; 4. 0-30%; 5. 0-45%; 6. 0->45%. **Orientação de vertentes**: N; NE; E; SE; S; SO; O; NO; - (plana ou horizontal). **Velocidade do vento**: 1. Calmaria; 2. Baixa; 3. Média; 4. Alta. **Direção do vento**: N-S; NE-SO; L-O; NO-SE.

## APÊNDICE B: Caracterização do entorno das estações meteorológicas<sup>1</sup>

As estações meteorológicas situam-se no Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba, uma em sítio urbano (Curitiba – UFPR) e outra em sítio periurbano (Pinhais), ambas de responsabilidade do SIMEPAR, localizadas na Fig. B.1:

FIGURA B.1 – Imagens da ocupação dos sítios das estações meteorológicas



Estação Pinhais – PR  
Fonte: SUDERHSA, 2000

Estação Curitiba - UFPR

A **Estação Meteorológica de Curitiba-UFPR, Código: 25264916** situa-se no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, em área urbanizada no município pólo da Região Metropolitana de Curitiba. A estação encontra-se instalada em uma superfície gramada na entrada do campus universitário, parte mais elevada do terreno. As poucas obstruções à radiação solar direta e difusa são as pequenas construções próximas à estação, além de poucas árvores esparsas localizadas principalmente no lado sul da estação. Os demais edifícios e conjuntos de árvores de porte do entorno possuem a proporção adequada entre sua altura e distância da estação meteorológica, de forma a não configurarem obstruções. A BR-277, que se encontra a uma distância aproximada de 50 m da estação, constitui importante fonte de calor antropogênico. Além desta via de intenso tráfego e asfaltada, outras ruas de menor movimento e internas ao campus cercam a estação a distâncias sempre maiores que 20 m, revestidas de paralelepípedos de granito, alterando a forma a refletividade e absorvância da grama verde clara predominante na área (Fig. B.2 e B.3).

<sup>1</sup> São aqui consideradas somente as estações meteorológicas referentes ao item 4.1 A Produção do Clima Urbano

FIGURA B.2 – Vista panorâmica (360°) do centro da estação meteorológica na UFPR, a 1.40 m de altura



Foto: Lima, Lucimeire, 2006

FIGURA B.3 – Vista do abrigo meteorológico e de escritórios na UFPR



Foto: Lima, Lucimeire, 2006

A **Estação Pinhais – PR Código: 25254905** (Fig. B.4 e B.5) se localiza em uma Fazenda da Universidade Federal do Paraná, no município de Pinhais-PR, em área periurbana, próxima à represa do Irai, situada no local mais alto do terreno e ao lado do abrigo meteorológico.

FIGURA B.4 – Vista panorâmica (360°) a partir da estação meteorológica de Pinhais (a 1.4 m de altura)



Foto: Dumke, Roberto, 2006

FIGURA B.5 – Abrigo meteorológico e estação meteorológica de Pinhais



Foto: Dumke, Roberto, 2006

No entorno da Estação Pinhais, as poucas obstruções da abóbada celeste se devem à presença de um conjunto de árvores de porte de espécies variadas à

distância aproximada de 37 m à noroeste da estação. Como cobertura do solo, uma calçada cimentada cerca a estação. A rua não pavimentada, a noroeste da estação e a superfície de solo na leste da estação alteram a cor verde predominante da extensa área gramada, bem como a sua refletividade e a sua absorbância. As demais construções e árvores de porte se encontram afastadas e a intensidade de fontes de calor antropogênico é irrelevante.

Nas estações meteorológicas do SIMEPAR, os dados são horários e tomados continuamente, por meio de equipamentos padronizados nas (Tab. B.1):

TABELA B.1 – Equipamentos adotados pelo SIMEPAR nas estações meteorológicas automáticas

EQUIPAMENTOS	PRECISÃO
<b>Barômetro</b> SUTRON ACCUBAR (Multiple Interface Barometric Pressure Sensor), Modelo 5600-0120 Altura sensor = 1,60 m	Precisão: 0,5 mB (hPa) Resolução: - 0,01 mB Faixa de medição: 600 -1060 mB (hPa) Faixa de operação de temperatura: - 40° a + 60°C
<b>Piranômetro</b> LI-COR RADIATION SENSORS e LI - 200 SA PYRANOMETER SENSOR, detector fotovoltaico de alta estabilidade, proteção do sensor em caixa de alumínio anodizado Altura sensor = 2,00m	Calibrado por Eppley Precision Spectral Pyranometer (PSP) Erro absoluto em condições normais de insolação $\pm 5\%$ max, tipicamente $\pm 3\%$ . Sensibilidade: Tipicamente 80 $\mu\text{A}$ por 1000 W/m <sup>2</sup> Azimute: $< \pm 1\%$ erro
<b>Termohigrômetro</b> SUTRON RELATIVE HUMIDITY AND AIR TEMPERATURE PROBE, Modelo 5600-0313-1 ("Meteorological Humidity Probe Humidity Sensor"): higrômetro Rototronic TM C94 Altura sensor = 1,70m	Faixa de medição: 0 a 100 % Faixa de operação de temperatura: - 40 a + 60 °C Precisão (20-25°C): $\pm 1\%$ de 0 a 100% Estabilidade do sensor de umidade: >1% no ano
<b>Anemômetro</b> YOUNG METEOROLOGICAL INSTRUMENTS, Modelo 05103, monitor de vento Altura sensor = 10m	Sensor de velocidade Faixa de medição: 0 a 60 m/s Sensor: diâmetro de 18cm – helicoidal, moldado de polipropileno Limiar de Sensitividade: 1,0 m/s Sensor de direção Faixa de medição: 360° mecânico, 355° elétrico Limiar de Sensitividade: 1,1 m/s Faixa de operação de temperatura: - 50 ° a + 50 °C
<b>Pluviômetro</b> SUTRON, Modelo 5600-0420-2, Coletor do tipo "Tipping Bucket Rain Gage" Altura sensor = 1,00 m	Resolução: 0,2 mm Precisão: 2 % Faixa de operação de temperatura: 0° a 60 °C

Fonte: Catálogos dos equipamentos



## APÊNDICE C – Levantamento de campo: equipamentos e procedimentos

O Levantamento de dados de campo foi realizado por meio de um conjunto de equipamentos simples, pertencentes ao Laboratório de Climatologia da Universidade Federal do Paraná (Fig. C.1), composto de:

FIGURA C.1 – Equipamento Utilizado em Levantamento de Campo



### LEGENDA:

**A** - Mini-abrigo meteorológico

**B** - Termo-higrômetro  
de leitura direta

**C** - Base do mini-abrigo  
Rosa dos ventos

Foto: Dumke, 2006

- Mini-abrigo meteorológico construído de madeira com paredes duplas e perfuradas para isolar e ventilar os termômetros. O mini-abrigo foi pintado na cor prata visando aumentar a reflexão e atenuar a absorção de calor, para garantir as medições das condições encontradas;
- Base do abrigo construída de forma a indicar as direções dos pontos cardeais visando o seu posicionamento correto: com a abertura voltada para a direção Sul, para proteger o equipamento da radiação solar;
- Termo-higrômetro de leitura direta, da Marca Incoterm, com precisão de 0,2 °C, para Temperatura do Ar [°C] e a Umidade Relativa [%].

Como a Universidade dispunha somente de oito mini-abrigos meteorológicos, foram construídas mais oito unidades, para possibilitar um maior número de pontos a serem monitorados.

Outros equipamentos complementares foram utilizados: uma bússola para orientar corretamente o posicionamento do mini-abrigo meteorológico; e um GPS a fim de confirmar as coordenadas dos pontos de monitoramento.

Para evitar a variabilidade dos dados devido à influência da radiação solar, à ocorrência de sombras e aos índices de albedo (conforme os materiais e as cores das superfícies próximas), os mini-abrigos foram instalados preferencialmente sobre uma superfície gramada e evitando-se a sombra. Em duas situações isto não foi possível, e assim estes casos são considerados com maior atenção por ocasião da análise dos dados: uma delas foi no Batel (Avenida Visconde de Guarapuava), onde o mini-abrigo foi instalado sobre uma laje, porém coberta de hera, local de alta densidade e edifícios altos, e, portanto inevitavelmente sombreado; no outro caso, no Novo Mundo, em área de alta taxa de ocupação do terreno, com casas de um a dois pavimentos e muito próximas umas das outras.

Uma vez que as medições teriam que ser tomadas simultaneamente nos dias e horários estabelecidos em 16 pontos distribuídos no Aglomerado Urbano, foi necessário contar com a ajuda dos moradores das residências ou dos zeladores dos edifícios mais próximos dos locais monitorados. As pessoas foram treinadas quanto aos procedimentos para aferir as temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido nos horários determinados e anotar os resultados na planilha fornecida. Para facilitar a operacionalização do experimento, os abrigos meteorológicos eram posicionados no local no dia anterior às medições e os termo-higrômetros eram colocados 20 minutos antes da primeira leitura do dia, permanecendo no abrigo no decorrer de todo o dia de monitoramento, para as leituras nos horários determinados.



## **APÊNDICE D: Aferição dos equipamentos**

A aferição dos equipamentos foi realizada conforme os procedimentos simples sugeridos por Danni-Oliveira (2002, p. 75-80): os termo-higrômetros foram identificados por meio de etiquetas numeradas e dispostos um ao lado do outro em ambiente interno, porém ventilado, abrigados da radiação solar direta e da chuva e distantes de fontes de calor. Foram então, tomadas temperaturas em intervalos de 10 minutos no decorrer de uma hora e anotadas em planilhas. Calcularam-se as médias das temperaturas de todos os equipamentos para cada horário, e os desvios da média horária apresentadas por cada um dos termômetros em cada horário. Em seguida, encontrou-se a média aritmética dos desvios (desvio médio) para cada termômetro. O valor encontrado foi utilizado na correção dos dados obtidos em campo.

Esta aferição foi realizada antes e depois do experimento. A aferição após o levantamento de campo se fez necessária, uma vez que três pontos de monitoramento e seus respectivos termo-higrômetros foram acrescentados àqueles previamente definidos. A segunda aferição balizou a correção de todos os dados obtidos permitindo a comparação entre eles (Tab. D.1).

TABELA D.1 – Aferição dos termo-higrômetros

Media horária das leituras (°C) TBS																		
leitura	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9	T-10	T-11	T-12	T-13	T-14	T-15	T-16	T-17	media horário
1ª	17,20	17,00	16,20	15,30	16,80	15,00	16,50	16,50	16,50	15,80	17,30	18,30	18,80	18,10	16,20	18,00	17,00	16,85
	-0,35	-0,15	0,65	1,55	0,05	1,85	0,35	0,35	0,35	1,05	-0,45	-1,45	-1,95	-1,25	0,65	-1,15	-0,15	
2ª	17,20	17,00	16,40	15,80	17,00	15,20	16,80	16,70	16,80	15,80	17,40	18,20	18,80	18,20	16,50	18,00	16,00	16,93
	-0,27	-0,07	0,53	1,13	-0,07	1,73	0,13	0,23	0,13	1,13	-0,47	-1,27	-1,87	-1,27	0,43	-1,07	0,93	
3ª	17,20	17,00	16,50	15,80	17,00	15,20	16,50	16,80	16,50	15,80	17,20	18,00	18,80	18,00	16,00	18,00	17,00	16,90
	-0,30	-0,10	0,40	1,10	-0,10	1,70	0,40	0,10	0,40	1,10	-0,30	-1,10	-1,90	-1,10	0,90	-1,10	-0,10	
4ª	17,20	17,10	16,80	15,80	16,90	15,30	16,90	16,80	16,80	15,90	17,20	18,20	19,00	18,20	16,50	18,00	17,00	17,04
	-0,16	-0,06	0,24	1,24	0,14	1,74	0,14	0,24	0,24	1,14	-0,16	-1,16	-1,96	-1,16	0,54	-0,96	0,04	
5ª	17,40	17,20	16,70	16,20	17,20	15,20	16,80	17,00	17,00	16,00	17,50	18,50	19,00	18,50	17,00	18,00	17,20	17,20
	-0,20	0,00	0,50	1,00	0,00	2,00	0,40	0,20	0,20	1,20	-0,30	-1,30	-1,80	-1,30	0,20	-0,80	0,00	
6ª	17,50	17,00	16,50	16,00	17,10	15,20	16,80	16,80	16,80	16,00	17,60	18,40	18,90	18,80	16,80	18,20	17,00	17,14
	-0,36	0,14	0,64	1,14	0,04	1,94	0,34	0,34	0,34	1,14	-0,46	-1,26	-1,76	-1,66	0,34	-1,06	0,14	
7ª	17,80	17,00	16,20	15,30	16,80	15,10	16,80	16,70	16,60	15,90	17,50	18,20	18,90	18,30	16,50	18,00	17,00	16,98
	-0,82	-0,02	0,78	1,68	0,18	1,88	0,18	0,28	0,38	1,08	-0,52	-1,22	-1,92	-1,32	0,48	-1,02	-0,02	
média desvios	-0,35	-0,04	0,53	1,26	0,03	1,83	0,28	0,25	0,29	1,12	-0,38	-1,25	-1,88	-1,29	0,51	-1,02	0,12	
Media horária das leituras [°C] TBU																		
Leitura	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9	T-10	T-11	T-12	T-13	T-14	T-15	T-16	T-17	media horário
1ª	15,80	15,50	14,50	14,00	15,30	13,30	15,00	15,00	14,20	15,00	16,10	16,30	17,50	16,30	16,80	16,20	13,00	15,28
	-0,52	-0,22	0,78	1,28	-0,02	1,98	0,28	0,28	1,08	0,28	-0,82	-1,02	-2,22	-1,02	-1,52	-0,92	2,28	
2ª	16,10	15,70	14,80	14,20	15,60	13,70	15,20	15,10	14,20	15,00	16,10	16,50	17,80	16,30	16,80	16,00	12,80	15,41
	-0,69	-0,29	0,61	1,21	-0,19	1,71	0,21	0,31	1,21	0,41	-0,69	-1,09	-2,39	-0,89	-1,39	-0,59	2,61	
3ª	16,00	15,80	14,80	14,00	15,50	13,60	15,10	15,00	14,20	15,00	16,00	16,20	17,30	16,00	16,50	16,00	12,80	15,28
	-0,72	-0,52	0,48	1,28	-0,22	1,68	0,18	0,28	1,08	0,28	-0,72	-0,92	-2,02	-0,72	-1,22	-0,72	2,48	
4ª	16,00	15,80	14,80	14,00	15,30	13,40	15,00	16,00	14,20	15,00	16,00	16,30	17,50	16,00	16,50	16,00	12,80	15,33
	-0,67	-0,47	0,53	1,33	0,03	1,93	0,33	-0,67	1,13	0,33	-0,67	-0,97	-2,17	-0,67	-1,17	-0,67	2,53	
5ª	16,00	15,50	14,80	14,10	15,90	13,50	15,20	15,00	14,50	15,00	16,20	16,50	17,50	16,50	17,00	15,80	12,80	15,40
	-0,60	-0,10	0,60	1,30	-0,50	1,90	0,20	0,40	0,90	0,40	-0,80	-1,10	-2,10	-1,10	-1,60	-0,40	2,60	
6ª	15,90	15,20	14,80	14,00	15,80	13,50	15,20	15,00	14,40	15,30	16,20	16,40	17,50	16,50	16,80	16,20	13,00	15,39
	-0,51	0,19	0,59	1,39	-0,41	1,89	0,19	0,39	0,99	0,09	-0,81	-1,01	-2,11	-1,11	-1,41	-0,81	2,39	
7ª	15,80	15,20	14,80	13,80	15,20	13,20	15,20	14,80	14,20	15,00	16,00	16,20	17,50	16,30	16,50	16,00	12,80	15,21
	-0,59	0,01	0,41	1,41	0,01	2,01	0,01	0,41	1,01	0,21	-0,79	-0,99	-2,29	-1,09	-1,29	-0,79	2,41	
média desvios	-0,61	-0,20	0,57	1,31	-0,19	1,87	0,20	0,20	1,06	0,29	-0,76	-1,01	-2,19	-0,94	-1,37	-0,70	2,47	

## APÊNDICE E: Dados de Temperatura do Ar [°C] e Umidade Relativa do Ar [%]

TABELA E.1 – Temperatura do Ar [°C] – Dados Coletados pelas Estações Meteorológicas e em Levantamento de Campo

	Nome	Latitude	Longitude	dia 12.08.2006				dia 18.08.2006				dia 21.08.2006				dia 29.08.2006			
				6h	9h	15h	21h	6h	9h	15h	21h	6h	9h	15h	21h	6h	9h	15h	21h
<b>Estações Meteorológicas</b>	<b>A</b> Simepar - Curitiba - UFPR	25°26' S	49°16' W	13,7	17,7	28,6	22,3	13,6	13,8	15,4	15,6	5,1	6,6	15,2	6,5	7,3	7,8	14,1	7,8
	<b>B</b> Simepar - Pinhais	25°25'00" S	49°07'59" W	12,9	17,5	28,7	20,8	13	13,1	14,9	14,7	3	6,5	15,6	4,6	6,7	8,3	13	6,2
	<b>C</b> Curitiba - Aeroporto (SBCT)	25°31' S	49°10' W	12	17,1	29,1	20,7	13,8	13,9	15,7	15,4	3,8	6,9	15,8	4	6,9	9	14,7	7,1
	<b>D</b> Curitiba - Bacacheri (SBBi)	25°25' S	49°17' W	13,3	19,6	29,5	21,1	13,5	13,8	15,2	15,1	5,5	8,5	15,9	5,7	7,2	8,8	14,2	7,7
	<b>E</b> Campo Comprido	25°26'33" S	49°19'46" W	14	18	27,6	21,4	13,7	13,7	14,4	14,8	4,6	7	14,3	7,4	7,2	7,5	15,1	8,2
	<b>F</b> PUC - Fazenda Rio Grande	25°39'30" S	49°16'50" W	9,7	13,0	25,1	17,1	11,2	11,6	13,1	15,4	1,1	4,5		5,6	4,9			
<b>Pontos Monitorados</b>	<b>1</b> Fazenda Rio Grande	25°39'50" S	49°17'31" W	10,7	16,7	28,7	15,2	-	-	-	14,7	0,7	5,7	15,7	3,7	4,7	8,7	15,7	4,7
	<b>2</b> Fazenda Rio Grande	25°39'54" S	49°18'31" W	12,0	18,0	31,0	20,0	11,0	13,5	15,0	15,0	2,0	6,0	16,0	5,0	6,5	10,0	16,0	7,0
	<b>3</b> Fazenda Rio Grande	25°40'23" S	49°17'51" W	13,5	18,5	30,0	17,0	13,5	13,5	14,5	15,5	2,0	5,5	18,5	6,5	5,5	7,5	17,5	9,0
	<b>4</b> Centro Histórico	25°25'30" S	49°16'26" W	-	-	-	-	15,3	14,8	15,3	15,3	7,3	8,3	20,3	7,8	8,3	9,8	14,8	9,8
	<b>5</b> São José dos Pinhais	25°31'58" S	49°07'52" W	-	-	-	-	13,5	13,5	15,0	14,5	0,5	7,5	17,0	4,0	6,0	9,0	13,0	9,0
	<b>6</b> Xaxim	25°30'21" S	49°15'23" W	14,8	22,8	31,3	21,8	13,8	13,8	14,8	14,8	3,8	8,3	16,8	5,8	-	-	-	-
	<b>7</b> Araucária	25°35'16" S	49°23'09" W	-	-	-	-	14,3	14,8	15,8	14,8	2,8	10,3	15,8	4,8	4,8	9,8	16,3	7,3
	<b>8</b> Colombo	25°21'31" S	49°10'25" W	12,3	21,3	31,3	17,3	13,3	13,3	16,3	13,3	3,3	12,3	17,3	4,3	7,3	13,3	13,3	5,3
	<b>9</b> Cajuru	25°27'52" S	49°11'30" W	13,3	19,3	32,3	19,3	14,3	14,3	15,8	15,3	5,3	9,3	20,3	6,3	8,3	11,8	16,8	8,8
	<b>10</b> Santa Felicidade	25°24'59" S	49°19'52" W	-	-	-	-	13,1	13,9	14,3	14,1	2,6	6,6	15,1	5,6	5,1	8,1	12,1	7,1
	<b>11</b> Batel	25°26'45" S	49°17'31" W	-	-	-	-	12,6	13,6	15,6	12,6	4,4	5,2	11,6	6,1	-	6,6	12,4	9,1
	<b>12</b> Novo Mundo	25°29'08" S	49°17'18" W	-	-	-	-	15,8	14,2	16,6	16,4	5,8	8,8	14,4	6,8	-	-	-	-
	<b>13</b> Ahu	25°24'14" S	49°15'56" W	-	-	-	-	13,3	14,1	15,1	14,6	5,3		14,6	6,1	7,6	8,6	14,0	7,9
	<b>14</b> Almirante Tamandaré	25°18'55" S	49°18'11" W	-	-	-	-	13,2	14,2	15,2	14,7	-0,3	7,7	13,7	4,7	6,7	9,2	14,2	7,2
	<b>15</b> Alm Tamandaré-Dorcas	25°20'23" S	49°17'00" W	-	-	-	-	13,5	14,5	15,5	14,0	0,5	6,5	19,0	4,5	7,5	8,5	16,5	7,5
	<b>16</b> Campo Comprido	25°26'47" S	49°20'10" W	-	-	-	-	13,0	13,7	14,0	15,0	3,0	8,1	14,0	6,3	5,5	10,0	15,0	8,0

Fonte: Estações meteorológicas: SIMEPAR, INMET, CINDACTA II, PUC-PR; pontos monitorados: levantamento de campo

TABELA E.2 – Umidade Relativa do Ar [%] – Dados Coletados pelas Estações Meteorológicas e em Levantamento de Campo

	Nome	Latitude	Longitude	dia 12.08.2006				dia 18.08.2006				dia 21.08.2006				dia 29.08.2006			
				6h	9h	15h	21h	6h	9h	15h	21h	6h	9h	15h	21h	6h	9h	15h	21h
<b>Estações Meteorológicas</b>	A Simepar - Curitiba - UFPR	25°26' S	49°16' W	96,5	76,1	32,5	53,7	96,9	99,6	92,9	93,2	79,5	63,8	28,6	82,1	69,0	54,6	39,9	72,6
	B Simepar - Pinhais	25°25'00" S	49°07'59" W	99,3	87,8	32,0	56,5	98,7	99,1	98,7	98,3	96,0	73,7	25,8	96,2	80,1	56,8	44,0	80,6
	C Curitiba - Aeroporto (SBCT)	25°31' S	49°10' W	97,0	93,0	32,0	61,0	98,0	100,0	92,0	96,0	89,0	61,0	27,0	94,0	68,0	55,0	39,0	86,0
	D Curitiba - Bacacheri (SBBI)	25°25' S	49°17' W	92,0	68,0	27,0	54,0	92,0	94,0	91,0	92,0	71,0	50,0	23,0	81,0	64,0	48,0	35,0	72,0
	E Campo Comprido	25°26'33" S	49°19'46" W	91,7	87,8	33,2	45,2	90,0	96,0	97,0	97,0	64,0	52,3	33,1	58,9	53,7	45,6	34,9	55,0
	F PUC - Fazenda Rio Grande	25°39'30" S	49°16'50" W																
<b>Pontos Monitorados</b>	1 Fazenda Rio Grande	25°39'50" S	49°17'31" W	97,0	98,0	84,0	93,0				93,0	80,0	58,0	38,0	82,0	83,0	74,0	89,0	83,0
	2 Fazenda Rio Grande	25°39'54" S	49°18'31" W	98,0	82,0	37,0	67,0	88,0	94,0	99,0	94,5	98,5	72,5	32,5	85,5	79,0	55,5	39,0	86,0
	3 Fazenda Rio Grande	25°40'23" S	49°17'51" W	86,0	88,0	34,5	78,0	90,0	96,0	96,0	96,2	94,0	75,0	45,0	88,0	75,0	54,0	43,4	83,5
	4 Centro Histórico	25°25'30" S	49°16'26" W					91,0	96,0	96,0	96,0	64,0	60,0	35,0	82,0	65,5	67,0	68,0	78,0
	5 São José dos Pinhais	25°31'58" S	49°07'52" W					93,0	98,0	93,0	93,0	55,0	50,0	59,0	83,0	84,0	63,5	46,0	74,5
	6 Xaxim	25°30'21" S	49°15'23" W				60,0	96,0	100,0	96,0	96,0	87,0	60,0	35,0	88,0				
	7 Araucária	25°35'16" S	49°23'09" W					100,0	95,0	90,2	99,0	92,0	61,0	43,0	92,0	79,0	61,0	41,0	93,0
	8 Colombo	25°21'31" S	49°10'25" W	79,0	69,0	33,2	73,0	100,0	90,0	91,0	100,0	62,0	60,0	42,0	86,0	87,0	80,0	80,0	86,0
	9 Cajuru	25°27'52" S	49°11'30" W	100,0	98,5	38,2	73,5	93,0	98,0	93,5	93,0	84,0	60,0	32,9	85,0	63,0	53,0	40,4	75,0
	10 Santa Felicidade	25°24'59" S	49°19'52" W					97,0	94,0	95,0	97,0	88,0	53,0	32,0	89,0	63,0	56,0	62,0	77,5
	12 Batel	25°26'45" S	49°17'31" W					91,0	92,0	92,0		76,0	61,0	38,0	72,0		58,5	47,0	67,5
	12 Novo Mundo	25°29'08" S	49°17'18" W					93,0	91,8	83,0	83,0	78,0	75,0	81,0	68,0				
	13 Ahu	25°24'14" S	49°15'56" W					97,0	95,0	93,0	96,0	80,0		49,0	83,0	66,0	55,0	43,2	72,0
	14 Almirante Tamandaré	25°18'55" S	49°18'11" W					94,0	95,0	90,0	95,0	85,0	58,0	40,0	89,0	68,0	50,0	44,0	80,0
	15 Alm Tamandaré-Dorcas	25°20'23" S	49°17'00" W					100,0	91,0	92,0	96,0	80,0	70,0	53,0	100,0	65,0	55,0	42,0	77,0
	16 Campo Comprido	25°26'47" S	49°20'10" W					98,0	95,0	94,0	93,0	87,0	77,0	59,0	85,0	72,0	70,0	58,0	80,0

Fonte: Estações meteorológicas: SIMEPAR, INMET, CINDACTA II, PUC-PR; pontos monitorados: levantamento de campo

## APÊNDICE F: Procedimentos para obtenção das cartas de isolinhas

Os mapas de isolinhas (isotermas e isoigras) foram elaborados utilizando-se os dados coletados em trabalho de campo e pelas estações meteorológicas mencionadas, mediante a utilização do método *Inverse Distance Weighting* – IDW, implantado no *software ArcView GIS 3.3*. Utilizando as informações pontuais como dados de entrada, o método as interpola e disponibiliza os dados interpolados na forma matricial (*raster*) ou *grid*. Após a interpolação de dados aplicou-se um método de suavização contido na extensão *Spatial Analyst 1.1*, também do *software ArcView GIS 3.3*.

Conforme Jacob & Young (2006), a Ponderação do Inverso das Distâncias (*Inverse Distance Weighting* - IDW), implementa explicitamente o pressuposto: “cada ponto possui uma influência no novo ponto, que diminui na medida em que a distância aumenta”. Para estimar um valor de um ponto não medido, o IDW utilizará os valores medidos ao seu redor, considerando a influência (o peso) maior dos pontos mais próximos e a menor dos valores mais distantes, segundo a Equação 9:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i) \quad (9)$$

Onde:

$\hat{Z}(S_0)$  é o valor a ser predito para o local  $S_0$ ;

$N$  é o número de pontos observados a serem usados ao redor do valor a ser predito;

$\lambda_i$  são os pesos atribuídos para cada ponto observado a ser utilizado;

$Z(S_i)$  é o valor observado no local  $S_i$ .

A Equação para determinar os pesos é:

$$\lambda_i = \frac{d_{i0}^{-p}}{\sum_{i=1}^N d_{i0}^{-p}} ; \quad \text{sendo:} \quad \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1 \quad (10)$$

Onde:

$d_{i0}$  é a distância entre o local predito,

$S_o$ , e cada um dos locais observados,  $S_i$ .

Na medida em que a distância aumenta, o peso é reduzido por um fator de “p”.

Os pesos dos locais observados, a serem usados na predição, são ponderados, e sua soma é igual a 1.

O valor de poder (power) “p” é estabelecido visando minimizar o erro médio quadrático da predição (RMSPE), estatística calculada por um procedimento de validação cruzada, na qual cada ponto observado é removido e comparado com o predito para aquele local. Assim, quanto maior o valor de “p”, maior a influência dos pontos próximos à célula em processamento, permitindo controlar a significância dos pontos amostrais sobre os valores estimados.

Maiores detalhes deste método são encontrados em Mitas e Mitsova (1999).

## APÊNDICE G: Cálculo das temperaturas de superfície

A obtenção das temperaturas para termografia de superfície elaborada, seguiu as atualizações propostas por Chandler e Markham (2003) para a calibração do satélite Landsat-5 e seu sensor TM, mediante os parâmetros fixos de conversão obtidos no *site*:

<http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook.htmls/chapter9/chapter9.htm>

Para se extrair os valores das temperaturas das superfícies a partir da imagem Landsat 5, a mesma foi inicialmente transformada em dados de radiância utilizando-se o *software* ENVI 4.3.

Os parâmetros estimados a partir da imagem TM para o cálculo da temperatura da superfície foram: as medidas de refletância extraídas das bandas 3 e 4, e a medida de radiância da banda 6, da imagem do sensor TM/Landsat-5.

Para o cálculo das temperaturas de superfície utilizou-se uma seqüência de procedimentos que incluem o processamento dos dados espectrais de entrada e o mapeamento da temperatura da superfície (CHANDLER e MARKHAM, 2003; FOLHES, 2005):

- a) A obtenção dos valores de refletância mediante a conversão dos valores de níveis de cinza (NC) da imagem, realizada em duas etapas:
  - a.1) Os valores de NC são convertidos a radiância espectral, por meio dos parâmetros de  $L_{min}$  (radiância mínima) e  $L_{max}$  (radiância máxima) para as bandas 3, 4 e 6 da imagem, gerados pela calibração absoluta de pós-lançamento do sensor TM.

Para a conversão dos valores de NC em radiância, utiliza-se da Equação 11:

$$L_i = L_{i,min} + \left[ \frac{(L_{i,max} - L_{i,min})}{255} \right] \times NC_i \quad (11)$$

Onde:

$L_i$  é a radiância espectral na banda  $i$  em  $W.m^{-2}.sr^{-1}.\mu m^{-1}$ ;

$L_{i,max}$  e  $L_{i,min}$  os valores de radiância máxima e mínima na banda  $i$ , respectivamente;

$NC_i$  o nível de cinza na banda  $i$ .

Os valores de  $L_{i,max}$  e  $L_{i,min}$  se alteram em função da data do imageamento e do tipo de sensor. Para as imagens TM devem-se utilizar os parâmetros apresentados por Chander e Markham (2003), na Tab. G.1:



TABELA G.1 – Valores de Lmin, Lmax, Ganho [G] e Offset [B] a serem aplicados às imagens TM

Table-1								
L-5 TM Post-Calibration Dynamic Ranges for U.S. Processed NLAPS Data								
Spectral Radiances, Lmin and Lmax in W/(m <sup>2</sup> .sr.um)								
Processing Date	From March 1 <sup>st</sup> 1984 To May 4 <sup>th</sup> 2003				After May 5 <sup>th</sup> 2003			
Band	Lmin	Lmax	G <sub>rescale</sub>	B <sub>rescale</sub>	Lmin	Lmax	G <sub>rescale</sub>	B <sub>rescale</sub>
1	-1.52	152.10	0.602431	-1.52	-1.52	193.0	0.762824	-1.52
2	-2.84	296.81	1.175100	-2.84	-2.84	365.0	1.442510	-2.84
3	-1.17	204.30	0.805765	-1.17	-1.17	264.0	1.039880	-1.17
4	-1.51	206.20	0.814549	-1.51	-1.51	221.0	0.872588	-1.51
5	-0.37	27.19	0.108078	-0.37	-0.37	30.2	0.119882	-0.37
6	1.2378	15.303	0.055158	1.2378	1.2378	15.303	0.055158	1.2378
7	-0.15	14.38	0.056980	-0.15	-0.15	16.5	0.065294	-0.15

Fonte: extraído de Chander e Markhan, 2003

- a.2) Os valores de radiância espectral das bandas 3 e 4 são transformados em refletância aparente mediante a utilização da Equação:

$$r_{o,i} = \frac{\pi \times L_i}{E_{o,i} \times \cos \theta \times d_r} \quad (12)$$

Onde:

$r_{o,i}$  é a refletância espectral na banda  $i$ ;

$d_r$  o inverso do quadrado da distância Terra-Sol em unidade astronômica;

$E_{o,i}$  o valor médio da irradiância solar exoatmosférica na banda  $i$  em W.m<sup>-2</sup>.μm<sup>-1</sup> (constante solar). "A irradiância solar exoatmosférica [ $E_o$ ] é o fluxo de energia radiante que incide sobre o topo da atmosfera e que depende da intensidade, geometria de incidência e distância da fonte" (FOLHES, 2005);

$\theta$  o ângulo solar zenital (obtido mediante o ângulo de elevação solar,  $\beta$ , disponível no arquivo cabeçalho da imagem:  $\theta = 90^\circ - \beta$ );

$L_i$  é a radiância espectral na banda  $i$  em W.m<sup>-2</sup>.sr<sup>-1</sup>.μm<sup>-1</sup>.

Segundo Duffie e Beckman (apud FOLHES, 2005), o valor de  $d_r$  estimado para a data de imageamento é calculado pela Equação:

$$d_r = 1 + 0,033 \cos \left( DDA \frac{2\pi}{365} \right) \quad (13)$$

Onde: DDA é o dia Juliano, que significa, a contagem do primeiro dia do ano (1 de janeiro) até a data de imageamento.

Os valores de  $d_r$  variam entre 0,97 e 1,03.

Sobre a imagem corrigida e em dados de radiância pode-se aplicar outra rotina pronta no ENVI, transformando os dados de radiância em graus Kelvin.

- b) A estimativa das Temperaturas da Superfície Terrestre, em graus Kelvin, por radiometria, baseia-se na Lei de Stefan-Boltzman e na Lei de Plank:

fundamenta-se no pressuposto de que toda a matéria emite radiação termal e possui um espectro contínuo de emissão próprio e característico da sua temperatura e de suas propriedades [...] No intervalo do infravermelho termal do espectro eletromagnético, a relação entre corpos negros e não-negros é estabelecida pela propriedade da emissividade (FOLHES, 2005).

Com base nos valores estimados de emissividade pode-se obter a temperatura da superfície [ T ] mediante a inversão da equação de Plank para corpos radiadores seletivos. Chandler e Markham (2003) sugerem que os dados de radiância espectral do canal infravermelho termal (banda 6) do sensor TM/Landsat-5, sejam convertidos para temperaturas, traduzindo as temperaturas da superfície da Terra por meio da imagem de satélite, mediante os seguintes procedimentos:

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (14)$$

Onde:

T é a temperatura de brilho em Kelvin

K2 é a constante de calibração 2 em Kelvin;

K1 é a constante de calibração 1 em W / [m<sup>2</sup>.sr.µm];

L<sub>λ</sub> é a radiância espectral na banda 6 do sensor TM/Landsat-5

A Tabela G.2 fornece os valores das constantes de calibração K1 e K2 estabelecidas para o sensor TM/Landsat-5:

TABELA G.2: Constantes de Calibração da Banda Termal - TM

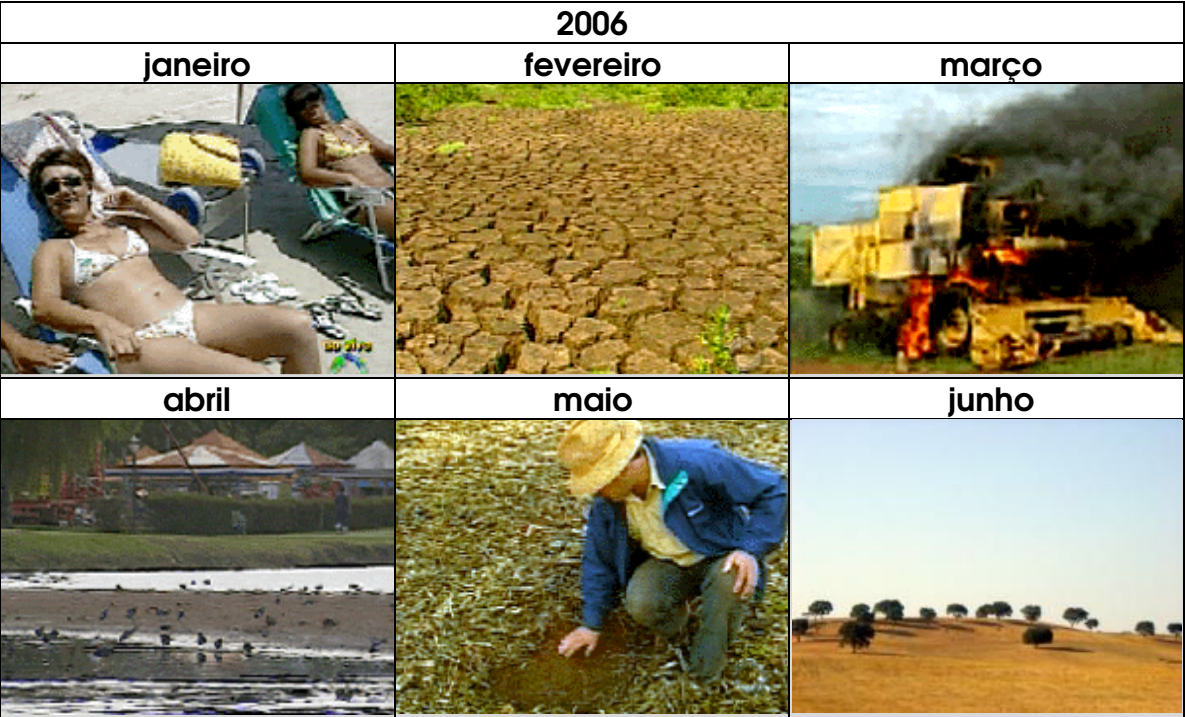
Unidades	W/(m <sup>2</sup> .sr.µm)	Kelvin
Constante	K1	K2
<b>Landsat-5</b>	607,76	1260,56

Fonte: Chandler e Markham (2003)

- c) Ainda no ENVI, elaborou-se a matemática de bandas na qual se aplicou a fórmula de transformação de graus Kelvin em graus Celsius. Para gerar a grade de temperatura da superfície em graus Celsius [°C], os valores de T são subtraídos de 273,16.

**APÊNDICE H: O impacto do clima em 2006 – síntese visual das reportagens**

FIGURA H.1 – Primeiro semestre: o calor e a seca; agricultores que se desesperam



Fonte: Gazeta do Povo (17 de janeiro; 03 de fevereiro; 27 de março; 28 de abril; 31 de maio e 09 de junho de 2006)

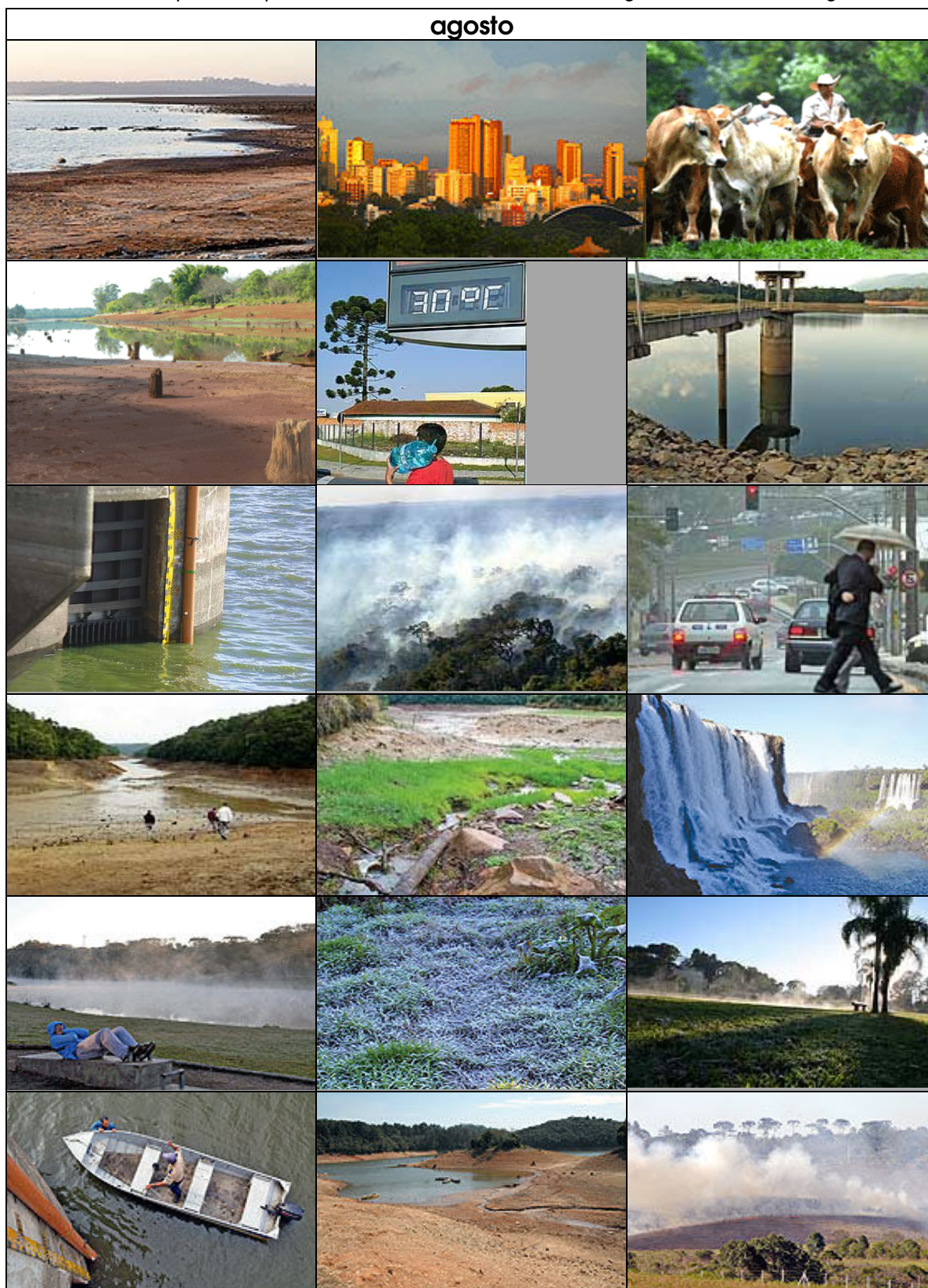
FIGURA H.2 – Junho e Julho: estado de emergência em 42 municípios do Paraná: 70 dias sem chuva; fazendas e criações comprometidas; crise no abastecimento de água; incêndios florestais



Fonte: Gazeta do Povo (09, 12, 16, 20, 21 e 26 de junho.2006; 03 e 25 de julho de 2006);  
Envolverde/AgênciaBrasil (22 de junho de 2007); Tribuna do Interior (24, 25, 26, 28 e 29 de julho de 2006)



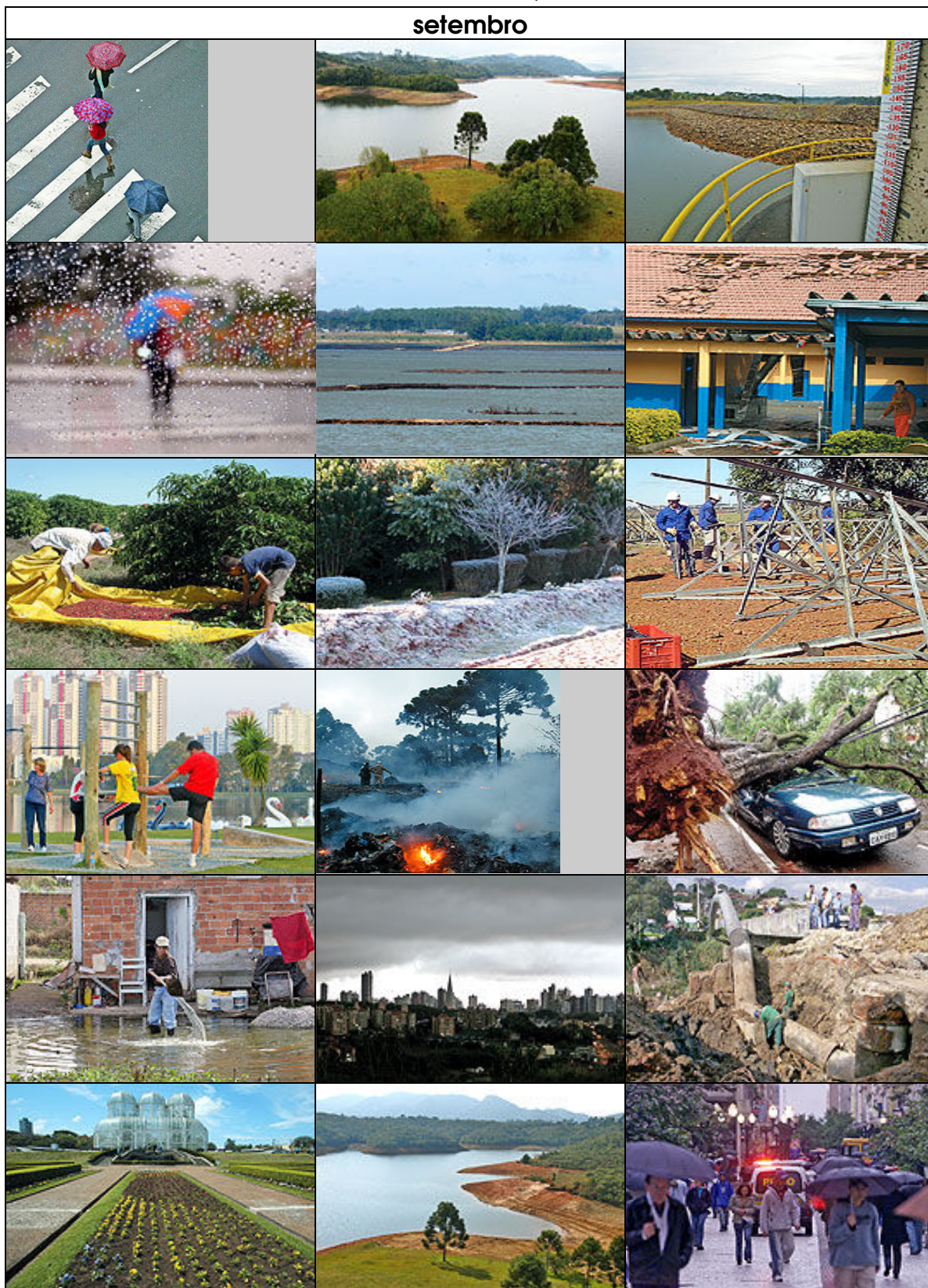
FIGURA H.3 – Agosto: racionamento de água para 1 milhão e 800 mil pessoas no AU-RMC; na primeira quinzena, calor e seca incomuns; na segunda, frentes frias e geadas



Fonte: Gazeta do Povo; Estado do Paraná; Tribuna do Interior; Paraná Online, Estado do Paraná e SANEPAR



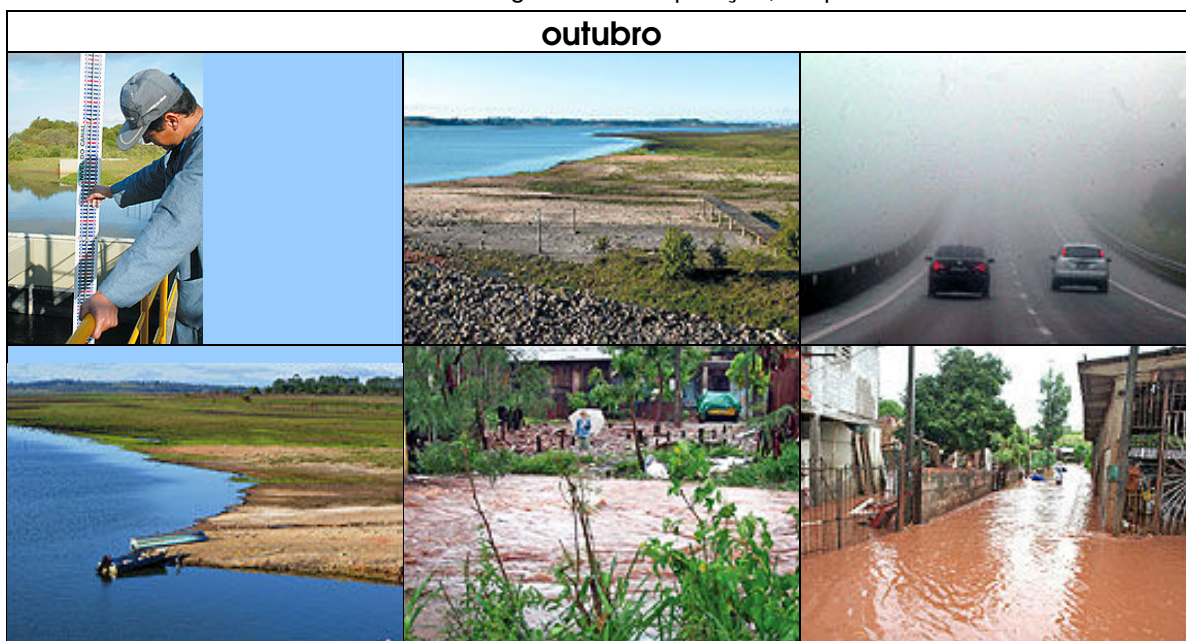
FIGURA H.4 – Setembro: alternam-se o bom e o mau tempo, o calor e o frio; dia 6 – o mais frio do ano



Fonte: Estado do Paraná; Paraná Online



FIGURA H.5 – Outubro: abastecimento de água inicia recuperação; temporais no AU-RMC e no Estado



Fonte: Paraná Online

FIGURA H.6 – Novembro: com a falta de chuva, o calor e o consumo, retorna o risco de racionamento; temporais causam estragos



Fonte: Gazeta do Povo; Paraná Online

FIGURA H.7 – Dezembro: calor, temporais, chuvas acima da média; o fornecimento de água volta ao normal na RMC



Fonte: Paraná Online